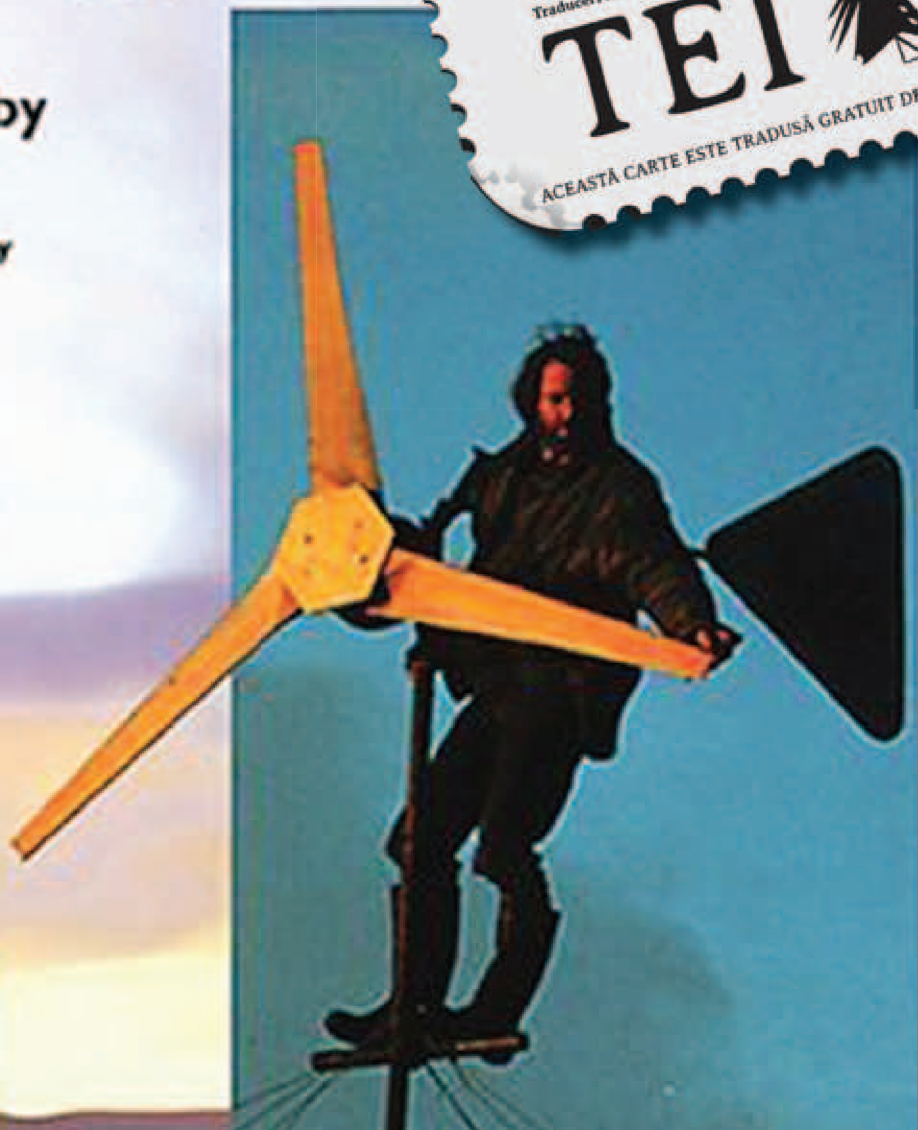
Windpower Workshop

Hugh Piggott

Foreword by
Tim Kirby
British Wind Energy Association



Traduceri Ecologice Independente
TEI
ACEASTĂ CARTE ESTE TRADUSĂ GRATUIT DE

CENTRE FOR ALTERNATIVE TECHNOLOGY PUBLICATIONS

new futures

Traducerea de față se bazează pe a treia ediție a cărții, publicată de C.A.T. în anul 1997 în Marea Britanie.



Traduceri Ecologice Independente
TEI

Biblioteca de Tehnici și meșteșuguri



Cărți din TEI Traduceri Ecologice Independente

#18

HUGH
PIGGOTT

CUM SĂ NE CONSTRUIM UN MOTOR EOLIAN

Cărţile traduse gratuit de TEI

1. Sepp Holzer, **Permacultura. Ghid practic pentru agricultura la scară mică** [Permacultură]

2. Edward Faulkner, **Nebunia aratului** [Agricultură sustenabilă]

3. Masanobu Fukuoka, **Revoluţie într-un spic** [Agricultură sustenabilă]

4. Ianto Evans, Leslie Jackson, **Încălzitoare cu masă termică** [Tehnici şi meşteşuguri]

5. E.F. Schumacher, **Mic înseamnă frumos** [Economie alternativă]

6. Tony Dutzik, Elisabeth Ridlington, John Rumpler, **Adevăratul preţ al gazelor de şist** [Postcapitalism]

7. Joël Carbonnel, **Gestul corect** [Agricultură sustenabilă]

8. Ianto Evans, Michael G. Smith, Leslie Jackson, **Casa la înde-Mână. Un ghid practic și filosofic pentru construcția casei din cob** [Arhitectură verde]

9. David R. Montgomery, **Țărână. Cum se fac praf civilizațiile** [Pedologie]

10. Joseph A. Coccanouer, **Buruienile, protectoarele solului** [Agricultură sustenabilă]

11. Rolfe Cobleigh, **Ferma oamenilor. Facerea uneltelor** [Tehnici și meșteșuguri]

12. J. H. Kunstler, **Îndelungata Criză. Cum să supraviețuim catastrofelor convergente ale secolului XXI** [Postcapitalism]

13. Becky Bee, **Cărticica meşterului cobar** [Arhitectură verde]

14. G. K. Chesterton, **Regulile normalității** [Economie alternativă]

15. Ariane van Buren (ed.), **Manualul chinezesc al biogazului** [Tehnici şi meşteşuguri]

16. Coline Serreau, **Soluţii locale pentru o dezordine globală** [Agricultură sustenabilă]

17. Charles Eisenstein, **Economia sacră. Banii, darul și societatea în epoca tranziției** [Economie alternativă]

Traduceri Ecologice Independente
TEI

HUGH
PIGGOTT

CUM SĂ NE CONSTRUIM UN MOTOR EOLIAN

Ediția I în limba română, 2014

Traduceri Ecologice Independente
2014

Următoarele lucrări traduse gratuit de TEI

John Seymour



Întoarcerea la obârșie.
Cartea completă a auto-suficienței

Masanobu Fukuoka



Agricultura naturală.
Teoria și practica filosofiei verzi

AUTORUL

Hugh Piggott trăiește în Scoția în mod autarhic (off-grid) încă din anii 1970. După absolvirea studiilor de masterat la Universitatea din Cambridge, s-a mutat pe insula Scoraig din nord-vestul Scoției, unde și-a construit o casă și o gospodărie împreună cu soția sa și cei doi copii. De asemenea, a studiat de unul singur construcția turbinelor de vânt de dimensiune mică. Astăzi, întreaga populație din Scoraig (cca. 100 de oameni) primește electricitate de la turbinele lui Hugh. În 1999 și 2000, Hugh a fost ales în calitate de consultant în domeniul energiei în reality-show-ul BBC - „Castaway 2000" („Naufragiații"). El a fost cel care a proiectat un sistem hidro-eolian care a furnizat electricitate naufragiaților pe parcursul întregului an. În ultimii zece ani, Hugh a susținut ateliere de lucru pentru persoane și companii din întreaga lume.

Traduceri Ecologice Independente

TEI

CINE SUNTEM ȘI CUI NE ADRESĂM

Pentru orice om lucid, este evident că România de astăzi se află în pragul colapsului, împreună cu sistemul global în care este angrenată. Dacă ar fi doar să enumerăm problemele pe care le avem, dimensiunile acestui cuvânt-înainte ar atinge cote nepermise. De la economie la cultură, de la agricultură la demografie, de la politică la ecologie, de la sănătate la învățământ, practic nu există domeniu în care să nu fie evident dezastrul în care ne aflăm – fie că vorbim, în particular, de „exodul creierelor”, de jaful politic generalizat, de raptul bancar, de rezultatele catastrofale la examenele de capacitate sau bacalaureat sau de calitatea precară a alimentelor pe care le consumăm; de febra consumeristă întreținută permanent de marile corporații, de pământul fertil vândut pe nimic, pe cale să fie otrăvit cu insecticide și pesticide, de izolarea profesioniștilor în favoarea incompetenților sau de profunda decădere morală. Problemele pe care le avem sunt atât de complexe și de interdependente încât a crede că există remedii globale pentru ele înseamnă o naivitate vecină cu orbirea.

Noi, cei din TEI, considerăm că **nu există decât soluții „la firul ierbii”** – soluții demarate și întreținute de oameni care nu așteaptă subvenții de la guvern și sponsorizări de la corporații pentru a face binele. Oameni lucizi și integri, care ridică semne de întrebare asupra direcției în care se îndreaptă lumea, cu noi cu tot.

Graba în care suntem siliți să trăim ne-a confiscat timpul de gândire – nu avem timp să discernem între bine și rău, între adevăr și simulacru, între informație și minciună. Iar graba noastră și dezinformarea sunt extrem de profitabile pentru cei care ne repetă zilnic, fără încetare, că soluțiile unice de supraviețuire în ziua de astăzi sunt: job-urile epuizante, creditele pe zeci de ani pentru autoturisme sau locuințe scumpe și ineficiente și consumul dus la maxim.

TEI s-a născut pentru a face accesibile **informațiile** care dinamitează acest mod de gândire. Cărțile traduse de noi demonstrează fără greș că suntem, zi de zi, captivi ai unei imense iluzii – aceea că nu putem trăi decât așa cum trăim acum: stresați, obosiți, vlăguiți de viață, înstrăinați de valorile fundamentale care ne îndreptățesc să ne numim oameni.

În contra unui Sistem al cărui mod de funcționare implică inundarea constantă cu false informații, ne propunem să oferim publicului acele cunoștințe folositoare, ignorate în mod sistematic de „mainstream" din simplul motiv că de pe urma lor au de câștigat numai oamenii, nu și corporațiile și guvernele. În loc de reziduuri de gândire ambalate țipător, oferim acces la cunoașterea practică. Complet gratuit, dar din dar, fără pretenții, fără trufie și fără clauze ascunse. O bibliotecă a **independenței reale** față de Sistemul absurd în care am fost aruncați în ultimile decade. O serie de cărți care, nădăjduim, vor fi pașaportul de independență în gândire și în fapte al fiecăruia dintre noi.

Așadar, cui se adresează în principal cărțile traduse de TEI**?** Oamenilor care știu că veșnicia nu s-a născut la sat ca să moară la oraș. Celor care s-au săturat de asfalt, de blocuri, de rate și de credite și care caută să iasă din acest angrenaj cât mai repede, dar încă nu au curaj, pentru că nu știu că **se poate** și încă nu știu **cum se face**. Celor care vor să acumuleze cunoștințe solide de agricultură sustenabilă, permacultură, arhitectură ecologică, energii alternative, tehnici și tehnologii domestice și meșteșuguri. Celor care simt șubrezenia sistemului și naufragiul global către care ne îndreptăm, oamenilor care au redus sau se pregătesc să reducă turația motoarelor, pentru că știu că viteza nu va face decât să grăbească și să amplifice impactul inevitabil cu zidul. Celor care știu că revoluțiile încep din pragul propriei case și tot acolo se termină. Țăranilor nescârbiți de sat și încă nedescurajați, dar și orășenilor care încă stăpânesc mai bine tastatura decât grebla. În fine, tuturor celor care știu că orice bucată de pământ vine la pachet cu fâșia nemărginită de Cer de deasupra ei.

TEI

ianuarie 2014

Traduceri Ecologice Independente

TEI

AJUTĂ-NE SĂ AJUTĂM!

Cartea pe care o citești acum pe ecran sau o ții, deja tipărită, în mâini, este rezultatul a sute de ore de muncă migăloasă – traducere, verificare terminologică, adaptare, corectură, editare, punere în pagină și design. Pentru ca această carte să se poată naște, a fost nevoie de nenumărate e-mailuri și de mii de corecturi. **Nici un membru al grupului TEI – fie el traducător profesionist sau amator – nu este plătit pentru munca sa**; tot ceea ce facem, facem gratuit, fără să cerem burse, sponsorizări, fără să solicităm donații și fără să așteptăm medalii, diplome și, eventual, statui în fața ministerului agriculturii. Unii pot numi asta sacrificiu, alții civism, alții tâmpenie crasă și pierdere de timp.

TEI nu este umbrelă pentru nici un partid politic sau ONG; nici unul dintre noi nu are de gând să candideze la președinție sau măcar pentru un post la consiliul local la următoarele alegeri, nici unul dintre noi nu are fabrică de produs insecticide. Dar asta nu înseamnă că nu avem și noi, la rândul nostru, nevoie de ajutor. În schimbul faptului că, prin intermediul nostru, ai acces gratuit în limba română la cărți de importanță fundamentală, pe care nici o editură din România nu a avut puterea sau curajul să le traducă, te rugăm să ne dai o mână de ajutor. **Dacă te simți stăpân pe orice limbă de circulație internațională și îți poți sacrifica câteva ore lunar pentru a traduce câteva pagini împreună cu noi, dă-ne de știre la adresa de mail: carti.din.tei@gmail.com.** Cu cât vom fi mai mulți, cu atât vom putea traduce mai multe volume într-un timp din ce în ce mai scurt – performanță pe care nici o editură, din străinătate sau din România, probabil că n-a atins-o vreodată.

Și chiar dacă nu ești atât de deprins cu o limbă străină, tot ne poți fi de mare folos – dă mai departe cartea de față și celelalte cărți din colecția TEI, anunță-ți prietenii, recomand-o, tipărește-o, fă-o cadou, urmărește-ne pe blogul „Cărți din tei” – cartidintei.wordpress.com, Facebook – TEI Traduceri Ecologice Independente și oriunde vom mai apărea. Poți chiar să-ți enervezi socrii dându-le din când în când citate din cărțile traduse și publicate de noi, promitem că nu ne supărăm.

Suntem siguri că, pe măsură ce crește numărul oamenilor care știu despre TEI, citesc și aplică cele scrise în cărțile noastre, vom fi o țară din ce în ce mai greu de mințit, de controlat și de cumpărat.

Îți mulțumim! TEI

Pentru înscrieri, sugestii, recomandări, propuneri etc.:

carti.din.tei@gmail.com

Pentru actualizări și descărcarea gratuită a cărților TEI:

cartidintei.wordpress.com

facebook TEI Traduceri Ecologice Independente

Scribd. scribd.com/tei_independente

issuu issuu.com/tei_independente

calaméo en.calameo.com/accounts/2421252

PREFAȚĂ TEI

Utilizarea energiei eoliene nu este, din păcate, o modalitate care să asigure autosuficiența pe termen lung. Pe cât este de respectabilă această tehnică (împreună cu toate celelalte tehnici de folosire a „energiilor alternative"), pe atât sunt de iluzorii speranțele că omenirea se va putea „salva" sau va „intra într-o nouă eră" cu ajutorul acestor alternative. Atrași de mirajul unor vremuri înfloritoare în care energia va fi ieftină, nepoluantă și mai ales, atât de multă încât să ne satisfacă absolut toate pretențiile de oameni îndrăgostiți nebunește de confort, uităm câteva adevăruri simple care, dacă nu vor fi înțelese la timp, vor fi extrem de dureroase*.

În primul rând, absolut toate aceste modalități de exploatare (detestabil termen!) a „energiilor alternative" depind în întregime de combustibilii fosili: toate etapele de producție - de la extragerea materialelor necesare, până la prelucrare, transportul la mari distanțe a materiilor prime și distribuția la scară mondială a produselor finite - **depind de resursele de petrol, gaze naturale și hidrocarburi disponibile**. Care se epuizează cu fiecare zi, iremediabil. Și e momentul să înțelegem că de îndată ce aceste resurse vor fi suficient de rare (și, implicit, de scumpe), toate materialele extrase sau produse azi în țara X, pentru a fi prelucrate în țara Y, urmând să fie asamblate în țara Z și apoi transportate într-o rețea de sute de mii de kilometri, pur și simplu nu vor mai fi accesibile. E vorba de majoritatea lucrurilor pe care le cumpărăm, relaxați, din marile magazine, ca și cum era consumului nesățios ar fi veșnică: materiale de construcție prefabricate, electronice, haine, unelte, detergenți. E vorba despre benzina care aduce alimentele pe rafturi. Despre bidoanele de plastic din care bem apa. Despre cablurile electrice. Etc.

În al doilea rând, nu luăm niciodată în considerare ce se întâmplă cu aceste noi „minuni" alternative după ce componentele lor se uzează. Ne înfierbântăm la gândul că vom călători ieftin în mașini electrice (deși asfaltul pe care ar urma ele să ruleze este tot un compus petrolier - deci sortit să devină în curând un lux inutil), ne vom încălzi pe gratis cu panouri solare (deși plasticul utilizat de acestea este un produs petrolier secundar - deci pe cale de dispariție) și vom continua să comunicăm lejer tastând pe laptopuri (deși metalele rare necesare nu pot fi extrase decât prin consumarea unor imense cantități de petrol). Dar nimeni nu își pune problema ce se va întâmpla cu acumulatorii, panourile sau componentele calculatoarelor, odată uzate. Speranța reciclării în viitor este, ca și acum, nefondată, atâta vreme cât marile corporații vor controla acest flux de producție, reciclarea însemnând pentru ele o cheltuială inutilă, nu un profit. Așadar, cam câți dintre noi se gândesc la poluarea devastatoare pe care o cauzează acidul sulfuric din baterii, odată ajuns pe sol sau în pânza freatică?

* Cea mai mare parte a acestor argumente nu ne aparțin - pot fi regăsite detaliate în lucrări redutabile ca „Îndelungata criză" de J.H. Kunstler (recent publicată de TEI), precum și în următoarele apariții din colecția de „Postcapitalism".

Câți dintre noi știu, de exemplu, de poluarea imensă pe care o provoacă hexafluorura de sulf - un gaz folosit inclusiv în industria electrică - care are un efect de seră de cca. 24.000 (!) de ori mai mare decât dioxidul de carbon? Iar lista poate continua pe zeci de pagini.

În al treilea rând, dacă pretindem că vrem să ne rupem de Sistem pentru o viață mai bună, trebuie să învățăm să nu mai gândim în termenii Sistemului. Atunci când Sistemul ne propune să fim complici unor planuri uriașe, să le refuzăm ferm în favoarea unor soluții simple, curate, de la om la om. Acolo unde Sistemul impune viteza, noi să răspundem prin savoare și tihnă. Acolo unde Sistemul ne ispitește cu confortul prizonierului, să preferăm responsabilitatea inerentă oricărui om liber. Acolo unde Sistemul propune mirajul oferit de soluţii tehnologice globale controlate de corporaţii și guverne, să răspundem prin soluţii locale controlate doar de noi și de semenii noștri.

Cartea lui Hugh Piggott are valoare nu doar prin ingeniozitatea tehnică, ci mai ales pentru că reprezintă un bun început de regândire a tehnologiei la scară umană. Din păcate, însă, pentru achiziționarea celor mai multe dintre componentele „tehnologiilor alternative" (inclusiv ale turbinelor eoliene) este necesară cooperarea cu același Sistem care va continua să exploateze oameni, să risipească resurse și să distrugă planeta, până la propria sa implozie. De aceea reafirmăm că propunerea lui Piggott poate fi cel mult o soluție de tranziție, care necesită mult discernământ înainte de a fi pusă în funcţiune; o soluţie care, dacă ar fi aplicată pe scară largă, ar avea consecințe ecologice extrem de periculoase.

Este fundamental să nu punem semnul egal între „mai bine" și „mai-puțin-rău".

Este fundamental să înțelegem că o soluție pe termen scurt poate fi preludiul unei condamnări pe termen lung.

Este fundamental să facem diferenţa între soluţiile reale și diversele forme de a pactiza subtil cu Sistemul. Și să ne oprim la timp.

TEI



CUVÂNT ÎNAINTE

Energia eoliană prinde la public. Este genul acela de subiect cu multe feţe care atrage diverse persoane, din diverse motive – energie gratuită, care nu dăunează mediului, ca să nu mai vorbim de o multitudine de oportunităţi pentru toţi cei pasionaţi de tehnologie. Dar despre ce este totuşi vorba şi ce poate fi făcut - practic?

Deşi vântul este una dintre cele mai vechi forme de putere mecanică a civilizaţiei, acesta a avut de suferit încă de la începutul acestui secol, odată cu descoperirea beneficiilor aduse de sursele ieftine de energie. Însă, prin dezvăluirea adevăratelor (şi groaznicelor) costuri ale combustibililor fosili, vântul a mai câştigat teren, în special cu marile turbine eoliene din Europa, care sunt conectate la reţeaua de electricitate. Tot mai multe ţări încearcă să încurajeze energia eoliană ca parte a unei serii de măsuri vitale care încurajează sustenabilitatea.

Deşi pare contrar modului „verde" de gândire, reţeaua electrică este o unealtă folositoare mediului înconjurător - ajută ca surplusul unei zone să răspundă nevoilor altei zone. Se evită astfel o mare parte din costurile (economice şi ecologice) necesare stocării de energie - existente în majoritatea sistemelor mici autonome. Dacă am vrea toţi să folosim energie eoliană autonomă cu acumulator, am rămâne fără plumb înainte să ajungem prea departe!

Cu siguranţă se află însă locuri unde nu există reţea electrică şi sunt destule persoane care doresc să locuiască acolo. Un astfel de loc este Scoraig, baza lui Hugh Piggott din Scoţia. Comunitatea, care are aproape 100 de locuitori (o realizare mare după ce, în anii 50, locul a fost complet abandonat de comunitatea agricolă), nu este conectată la reţeaua electrică, mulţi locuitori având propriile mici mori de vânt; a fost locul perfect pentru a căpăta experienţă şi reputaţie în bricolajul morilor de vânt.

Vântul este o alegere excelentă pentru o sursă de alimentare izolată, iar mulţi dintre cei care locuiesc în astfel de locuri preferă, pe cât posibil, bricolajul. Această carte reuşeşte, în mod admirabil, să astupe golul din literatura disponibilă care tratează proiectarea la scară mică a turbinelor eoliene. Este scrisă de un adept instruit şi calificat care a explorat toate unghiurile şi a învăţat majoritatea lecţiilor (multe dintre ele pe calea ce grea: din greşeli).

Simplitatea utilizării vântului constă în faptul că acesta este liber (din nou, atât economic, cât şi ecologic), iar un ghid nu este de refuzat. Există multe capcane, dar multe dintre ele sunt uşor de evitat.

Recompensa este aceea că vântul se transformă din nimic, ca prin magie, în energie „verde", iar Hugh Piggott este un adevărat guru al acestei arte. Lectură plăcută!

Tim Kirby

Director al
Asociaţiei Britanice a Energiei Eoliene

CUPRINS

UNU

O RESURSĂ SĂLBATICĂ



Această carte se adresează celor care doresc să îşi construiască propriul motor eolian, dar şi celor cărora le place să viseze. Ea a fost inspirată de cursul de energie eoliană de la Centrul de Tehnologie Alternativă, un eveniment la care oameni ce provin din medii diferite se întâlnesc să înveţe, cu entuziasm, despre energia eoliană. Multe lucruri au fost omise din lipsă de spaţiu, dar acestea pot fi găsite în alte locuri. Pentru asimilarea unor cunoştinţe de bază referitoare la electricitate, forţe şi mişcări de rotaţie, consultaţi un manual şcolar de fizică. Pentru detalii referitoare la locul unde se amplasează un motor eolian şi cum să trăieşti din energie eoliană, consultaţi volumele *It's a Breeze* şi *Off the Grid* (publicate tot de CAT Publications).

Vântul: o resursă sălbatică

Energia eoliană este „neîmblânzită” şi dificil de manevrat. Captarea energiei eoliene e ca şi cum am călări o antilopă în loc să conducem un Volkswagen. Mulţi dintre cei nou-veniţi în domeniul energiei eoliene subestimează aceste probleme. Nu vă aşteptaţi să primiţi multă energie de la un motor eolian mic, într-o grădină suburbană şi nici să asamblaţi într-o după-amiază unul performant.

Analizaţi mai întâi dimensiunile necesare turbinei eoliene pentru a produce energia de care aveţi nevoie. Consideraţi că este un proiect realist pentru dumneavoastră? Aveţi facilităţile necesare pentru proiect? Aveţi acces la un loc potrivit unde este destul spaţiu pentru ca turbina să acţioneze liberă şi în siguranţă?

Dacă sunteţi motivat de un mediu mai „verde”, atunci poate că o turbină eoliană la scară mică nu este neapărat cea mai bună abordare. Izolarea casei ar putea foarte bine să economisească mai multă energie. Dacă locuiţi în mediul urban şi sunteţi un adept al energiei regenerabile puteţi să vă interesaţi la asociaţia locală de reglementare în domeniul energiei în legătură cu tariful verde, sau puteţi încerca să câştigaţi dezbaterea pentru aprobarea fermelor eoliene.

Dar dacă aveţi timpul necesar, atelierul, locul de amplasare şi pasiunea, atunci construiţi-vă un motor eolian şi bucuraţi-vă de roadele câştigate din greu. Sper ca această carte să vă fie de folos. Aveţi grijă.

Nimic nu-i gratis

Vântul este gratis, cel puţin până reuşeşte guvernul să pună o taxă pe el şi de aceea mulţi presupun că energia eoliană e un chilipir. Dacă lucrurile ar sta aşa, atunci am vedea motoare eoliene pretutindeni, dar bineînţeles, nimic nu e pe gratis.

Vântul este o sursă de energie foarte difuză. Pentru a produce cantităţi folositoare de energie, motoarele eoliene trebuie să fie mari; iar pentru a fi eficiente şi de încredere, trebuie să fie construite bine. Prin urmare, sunt costisitoare. Dacă vreţi să îl construiţi singuri, veţi economisi mult, dar vă veţi şi pierde mult timp preţios.

Uzura bateriilor

Sunt slabe şanse ca, în viitorul apropiat, puterea venită din generatoarele electrice eoliene mici şi independente să fie mai ieftină decât cea cumpărată de la reţeaua naţională. Putem exclude ideea asta chiar şi gândindu-ne doar la costul bateriilor. Acestea durează aproximativ şapte ani. Calculând, doar costul înlocuirii bateriilor este cam acelaşi cu costul cumpărării unei cantităţi egale de energie de la reţeaua electrică.

Această comparaţie demonstrează că e puţin probabil ca motoarele eoliene cu baterii să fie viabile în oraşe. (Mai sunt şi alte motive, cum ar fi viteza redusă a vântului, turbulenţe şi furia vecinilor.) În locuri retrase, costul instalării şi întreţinerii linilor electrice poate fi mai mare decât cel al unui sistem eolian, deci energia eoliană devine o sursă mai economică şi mai de încredere decât reţeaua.

Plătește mai puțin și folosește mai multe materiale reutilizabile

Eu vizitez frecvent depozitul de metale neferoase de unde iau cabluri, baterii, oţel pentru sudat, table de aluminiu etc. Folosirea resturilor nu înseamnă neapărat că motorul eolian va avea o calitate mai slabă. Îţi poţi permite astfel să cumperi din depozitul de fier vechi mult mai multe lucruri decât ai putea dacă ar fi noi. De exemplu, odată am reuşit să obţin nişte baterii de telefon. Acestea m-au ţinut zece ani, adică jumătate din durata lor de funcţionare de douăzeci de ani. Dacă aş fi cumpărat baterii noi, nu mi-aş fi putut permite decât o baterie mică de o calitate proastă. (Cu toate acestea, nu trebuie să alegeţi chiar orice. Multe baterii sunt aruncate la fier vechi tocmai fiindcă nu mai sunt bune, aşa că verificaţi-le atent cu un voltmetru înainte de a le cumpăra.)

Tot ce e la fier vechi e acolo cu un motiv, dar de cele mai multe ori acel motiv e modernizarea. Aşa că ar putea foarte bine să nu fie nimic în neregulă cu resturile pe care le cumpăraţi.

Costul ecologic

Orice sursă de energie are şi un cost ecologic. Energia eoliană este curată şi regenerabilă, dar are şi nişte dezavantaje. Însă cel puţin poluarea pe care o cauzează este imediată.

Zgomotul

Există două tipuri de zgomot care pot să apară: cel al paletelor şi cel mecanic. Zgomotul paletelor este rareori o problemă, întrucât e similar cu vântul printre copaci, sau cu râurile care curg şi, de multe ori, este mascat chiar de aceste zgomote.

Zgomotele mecanice, vibraţii sau bâzâit, pot fi cauzate de generator sau de cutia de viteze. Aceste sunete tonale pot să îi înnebunească pe oameni, mai ales dacă nu pot să doarmă din cauza lor. În schimb, ceilalţi (proprietarii) vor savura muzica turbinelor eoliene care le stochează energie în baterii şi vor dormi cu atât mai bine.

Poluare vizuală

Poluarea vizuală este chiar mai subiectivă decât zgomotul. În timp ce proprietarul vede turbina drept o frumoasă maşinărie de vis, pentru alţii ea poate fi o oroare. Motorul eolian va arăta, cel mai probabil, uimitor în ochii proprietarului, mai ales dacă a construit-o chiar el. Vecinii ar putea fi dispuşi s-o accepte, dar tactul şi diplomaţia sunt foarte importante pentru a le obţine aprobarea.

Tabel 1.1 Energia produsă pe loc (în waţi)

Viteza vântului	**2,2 m/s 8 km/h**	**4,5 m/s 16 km/h**	**10 m/s 35 km/h**	**20 m/s 71 km/h**
Diametrul paletelor 1m	1	6	70	560
Diametrul paletelor 2m	3	25	280	2300
Diametrul paletelor 3m	7	60	630	5000
Diametrul paletelor 4m	12	100	1120	9000

Acest tabel vă arată cam câtă putere ar putea produce moara dumneavoastră de vânt, presupunând că veți avea un coeficient de putere de 0,15. De exemplu, o moară cu diametrul de doi metri ar putea produce 280 de wați în condițiile unui vânt de zece metri pe secundă. Nu vă lăsați păcăliți de aparenta precizie a cifrelor. În realitate ați putea obține între 200 și 400 de wați, în funcție de ce coeficient de putere aveți.

La cât de multă putere vă puteți aștepta?

Puterea (în waţi) este rata transferului de energie într-o unitate de timp. Tabelul 1.1 arată la cât de multă putere vă puteţi aştepta de la un motor eolian de o anumită mărime, în condiţiile unei anumite viteze a vântului. În tabel se pleacă de la premisa că motorul eolian captează 15% din energia brută a vântului. Acest procentaj este cunoscut drept coeficientul de putere (sau de performanţă - Cp) şi vom vedea mai târziu de ce este aşa o parte mică din total.

Energia brută a vântului depinde de densitatea aerului (aproximativ 1,2 kg pe metru cub), viteza vântului şi mărimea rotorului. Viteza vântului este esenţială (după cum se poate observa şi din tabel). Şi asta fiindcă vânturile puternice aduc mase mai mari de aer absorbite pe secundă de către rotor, iar energia cinetică pe kilogram de aer depinde de viteză, astfel încât energia vântului va creşte proporţional cu viteza acestuia.

Zona ocupată de elice, pale, pânze, aripi, turbină, palete se încadrează în aria diametrului. Prescurtat, vom numi rotor ansamblul paletelor. Nu-l confundaţi cu rotorul generatorului. La finalul acestei cărţi veţi găsi ecuaţii cu ajutorul cărora se poate calcula puterea generată de o moară de vânt. Sau chiar mai bine, folosiţi o foaie de calcul pentru ca să vă calculeze computerul automat!

După cum puteţi observa, energia existentă în vânt variază enorm. Există doar câţiva waţi într-un vânt uşor. Nu este uşor să creezi o maşină care poate converti eficient această putere şi care să reziste în faţa valului de putere ce poate apărea în timpul furtunilor.

Vântul este mereu schimbător, iar fluctuaţiile de putere pot fi extreme. Trebuie să-l „recoltăm” atunci când e prezent şi/ori să stocăm energia pentru perioadele calme, fără vânt, ori să folosim o altă sursă de energie ca şi plan de rezervă. În perioada morilor de vânt folosite pentru măcinat, morarii aveau provizii de cereale pe care le măcinau când puteau. În zilele noastre, micile sisteme electrice eoliene folosesc baterii care absorb surplusul de energie din perioadele cu mult vânt şi îl păstrează pentru perioadele mai calme.

Ghid scurt pentru a prezice captarea de energie

Energia captată într-o anumită perioadă de timp reprezintă puterea medie multiplicată la numărul de ore. Aceasta depinde atât de loc, cât şi de mecanism.

Condiţiile locului	Viteza medie a vântului
Copaci şi clădiri	3 m/s (9,5 km/h)
Câmpuri deschise cu puţine garduri vii	4,5 m/s (16 km/h)
Pe dealuri sau ţărmuri (spaţii deschise)	6 m/s (21 km/h)

Puterea medie generată de o un motor eolian nu este aceeaşi cu puterea instantanee generată la viteza medie a vântului. Vă reamintesc din nou că există o formulă pentru aceasta la finalul cărţii.

Din tabelul 1.2 putem observa că un motor eolian cu diametrul de doi metri va genera o putere medie de aproximativ 51 waţi, în condiţile în care viteza medie a vântului este de 4,5 metri pe secundă (16 km/h). Acestea sunt doar nişte calcule aproximative: în realitate, puterea medie generată poate varia de la 30 până la 80 de waţi.

Ce puteţi alimenta cu ajutorul unei turbine eoliene?

Puterea medie generată de un motor eolian trebuie să fie echivalată cu nevoile medii ale utilizatorului (utilizatorilor) în materie de energie. O persoană obişnuită (în Europa) consumă în medie, acasă, o cantitate de energie echivalentă cu utilizarea constantă a 100 de waţi. Câteodată ar putea utiliza mulţi kilowaţi, dar în alte momente nu consumă deloc.

Tabel 1.2 Energia produsă pe loc (în waţi)

Viteza medie a vântului	3 m/s 11 km/h	4,5 m/s 16 km/h	6 m/s 21 km/h
Diametrul paletelor 1 m	4	13	30
Diametrul paletelor 2 m	15	51	121
Diametrul paletelor 3 m	34	115	272
Diametrul paletelor 4 m	60	204	483

Deci, pentru o familie de 5 persoane, ar fi necesară o putere medie de 500 waţi. Este însă posibil ca o familie de 5 persoane să se descurce cu mai puţin de 100 de waţi, dacă folosesc sisteme de iluminat economice şi dacă evită să folosească radiatoare electrice în perioade cu vânt slab.

Eficiența: unde se duce energia?

În tabelele 1.1 şi 1.2 am presupus că motorul eolian va capta 15% din puterea vântului. În realitate, coeficientul de putere va depinde de cât de mult se pierde la fiecare etapă din procesul de conversie a energiei. O parte se pierde chiar înainte de începerea conversiei.

Teorema lui Betz

Numele lui Albert Betz (1926) va fi mereu asociat cu această teoremă, întrucât el a descoperit ideile prezentate mai jos.

Pentru a extrage energia din vânt, acesta trebuie încetinit. Prin urmare, pentru a obţine întreaga energie, ar trebui oprit vântul cu totul. Însă, asta ar însemna că s-ar aduna la motor o masă de vânt imobil, care va împiedica captarea altor mase de vânt. De aceea, aerul trebuie lăsat să „scape" cu o anumită viteză, deci cu tot cu o energie cinetică (care va fi pierdută).

Potrivit lui Betz, cel mai bun coeficient de putere la care putem spera este de 59,3%, dar în practică, această cifră va fi redusă de către alte pierderi care vor fi descrise mai jos.

Rezistența

Paletele rotorului convertesc energia vântului în puterea la arbore. Vom discuta mai târziu despre avantajele utilizării unor palete subţiri şi puţine, care se rotesc rapid, în contrast cu multe palete late, care se rotesc încet. Paletele care se mişcă rapid vor întâmpina rezistenţă aerodinamică. Rezistenţa împiedică paletele, pierzând astfel o parte din energia pe care ar putea s-o capteze din vânt şi, din acest motiv, paletele trebuie să fie cât mai netede. În cazul acesta, chiar şi cele mai bine proiectate palete, cu un profil aerodinamic, vor pierde aproximativ 10% din energie. Cele făcute „de casă", de către amatori, vor pierde mult mai multă energie.

Frecarea

Vor exista pierderi prin frecare la rulmenţi, perii şi tot felul de alte dispozitive mecanice, cum ar fi cutia de viteze sau scripetele. Acestea vor putea creşte puţin doar odată cu creşterea vitezei. De aceea, când motorul eolian lucrează din greu, în cazul unui vânt puternic, pierderile de energie prin frecare vor reprezenta doar un procentaj mic din totalul de energie. În schimb, în cazul vânturilor slabe, pierderile prin frecare pot fi enorme, mai ales pentru motoarele eoliene mici, care au un cuplu relativ mic.

Dacă acest lucru va fi semnificativ sau nu, depinde de aşteptările dumneavoastră de la motorul eolian. Dacă este singura sursă de energie, atunci este esenţial să aibă o eficienţă

ridicată în cazul vânturilor uşoare şi ar fi bine să existe o acţionare directă de la paletele rotorului la generator, fără alte angrenaje. Cei care folosesc energia eoliană doar pentru încălzire suplimentară, pentru care vânturile uşoare nu ajută, ar putea să reducă din costuri utilizând un motoreductor, sau un alternator cu curea de transmisie, care va funcţiona bine în caz de vânturi puternice.

Pierderi în cupru (pierderi în înfăşurare)

Următorul pas este generarea de electricitate. Aceasta are loc în bobinele (sau bobinajul) generatorului. Curentul electric are propria lui frecare, care încălzeşte firele.

Această frecare e proporţională cu rezistenţa firelor de cupru care conduc curentul (consultaţi ecuaţiile). Puteţi reduce rezistenţa (deci şi pierderile în cupru) folosind fire mai groase. Generatorul va deveni astfel mai greu şi mai scump, dar s-ar putea să se merite.

Rezistenţa firelor de cupru creşte odată cu creşterea temperaturii. Pierderile în cupru încălzesc bobinele, ceea ce creşte temperatura, crescând deci rezistenţa şi cauzând mai multe pierderi în cupru. Acest cerc vicios poate duce, în cel mai rău caz, la ardere şi va scădea cu siguranţă eficienţa maşinăriei, deci e necesar să se acorde importanţă răciri generatorului.

Pierderile în cupru cresc proporţional cu pătratul curentului. Când generatorul funcţionează doar pentru o sarcină parţială, adică la vânturi uşoare, pierderile din bobinajul principal sunt foarte mici. Unele generatoare au chiar şi bobine care conduc aproape constant curent (consultaţi capitolul 5). Aceste pierderi sunt asemănătoare celor mecanice, despre care am discutat mai sus. În cazul vânturilor uşoare, ele ar putea să consume întreagă putere generată de palete, lăsându-vă cu nimic.

În sfârşit, nu uitaţi de pierderile în cupru pentru cablul morii de vânt. Dacă cablul e foarte lung, acesta trebuie să fie şi foarte gros. Iar dacă costul unui cablu gros devine exagerat, atunci merită mai bine să schimbaţi tensiunea sistemului. La tensiuni mai mari va fi nevoie de mai puţin curent pentru a transmite aceeaşi cantitate de energie. Tensiunea ridicată are şi avantajul unor pierderi mult mai mici în cupru pentru cabluri, acesta fiind şi motivul pentru care este utilizată în ciuda problemelor de siguranţă pe care le poate cauza. Un sistem de 12 volţi va pierde de 400 de ori mai multă putere decât unul de 240, deşi s-ar utiliza acelaşi tip de cablu.

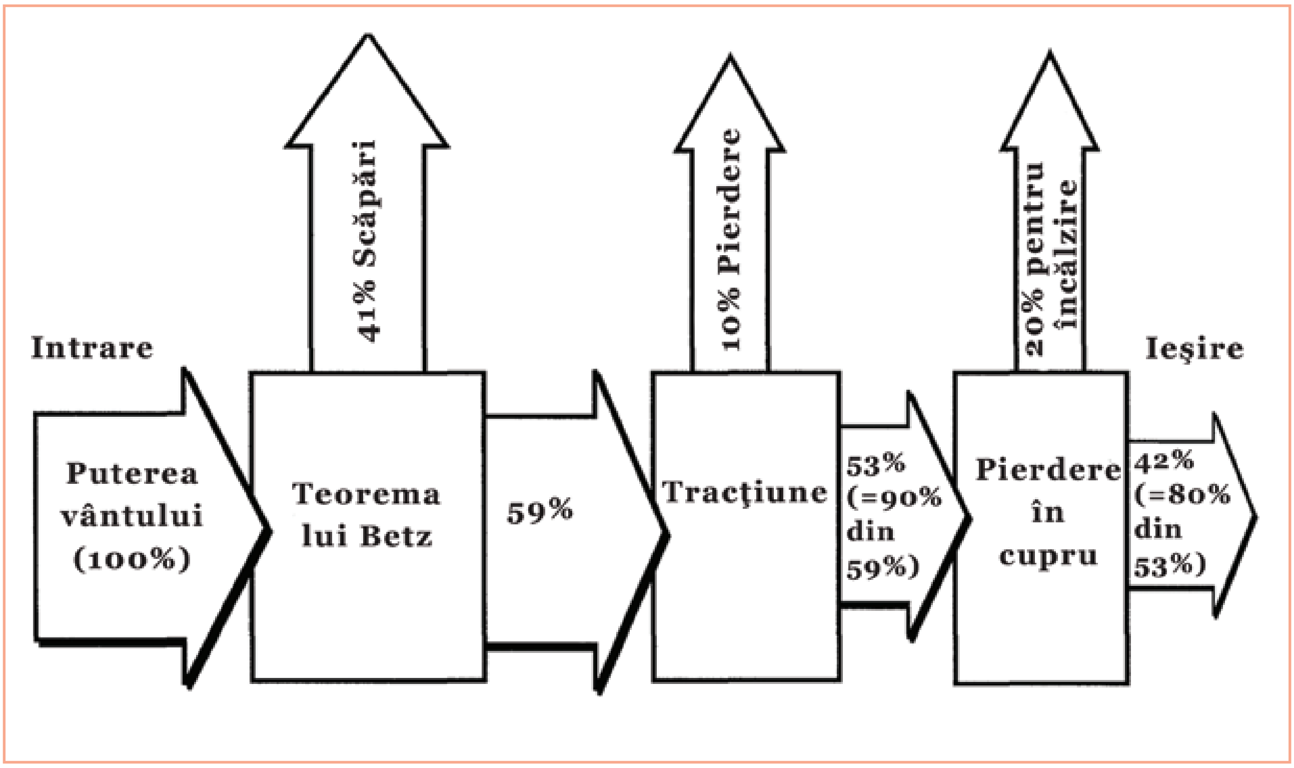
Pierderi în fier (pierderi în miez)

Majoritatea generatoarelor se confruntă şi cu pierderi în fier, care vor fi descrise mai în detaliu în capitolul patru.

Pierderile din redresor

Morile de vânt sunt foarte des construite cu alternatoare cu magneţi permanenţi, care produc curent alternativ (c.a.). Energia este apoi stocată într-o baterie pentru a fi folosită ca şi curent continuu (c.c.). Prin urmare. este nevoie de un convertizor care transformă c.a. în c.c. Acesta este redresorul. Redresoarele moderne sunt dispozitive semiconductoare, simple, ieftine şi de încredere, care se bazeză pe diode de siliciu. Ele funcţionează foarte bine, dar ca orice altceva, au şi ele lipsurile lor. (Am putea începe să ne întrebăm dacă vom mai rămâne totuşi cu ceva energie până la final!) În cazul acesta, regula e simplă: fiecare diodă consumă aproximativ 0,7 volţi. În timpul trecerii prin redresor, curentul trece prin două diode în serie, pierzându-se aproximativ 1,4 volţi. Cu alte cuvinte, pentru a obţine 12 volţi de c.c., trebuie să băgăm 13,4 volţi. Aceasta este încă o pierdere care reprezintă cam 10% din energia ce trece prin redresor. Din nou, o tensiune mai mare va reduce pierderile. De exemplu, într-un sistem de 24 volţi, pierderea din redresor va fi aceeaşi ca într-un sistem de 12 volţi (1,4 volţi), dar acum va fi mai puţin de 5% din total.

Fig. 1.1 Cum cresc pierderile



Cum cresc pierderile (mai bine zis, cum se multiplică)

Fiecare etapă a sistemului transmite un procent din puterea primită. Aplicăm aceste procente de la una la alta, la rând (Fig. 1.1), pentru a obţine coeficientul total de putere. Este mare noroc că pornim cu energie gratuită! Bineînţeles că sunt pierderi în fiecare proces. De exemplu, fiecare motor cu combustie internă transformă aproape întreaga energie a combustibilului său în căldură, rareori recuperând-o în scopuri folositoare.

Bazele proiectării

Potrivirea rotorului cu generatorul

Pentru o mărime dată a rotorului, este tentantă utilizarea unui generator foarte mare, pentru a folosi mai multă putere la vânturi puternice. Dar, pentru o mărime dată de generator, este tentantă montarea unui rotor foarte mare, pentru a obţine maximul de putere la vânturi cu viteze mici.

Un generator mare, cu un rotor mic, rareori va lucra la puterea nominală, deci va fi dezamăgitor, mai ales dacă eficienţa parţială a generatorului este mică. Un generator mic, cu un rotor mare, va obţine întreaga putere la vânturi slabe, furnizând o rezervă de putere mai constantă. Dezavantajele unui rotor mai mare sunt :

- are nevoie de un turn mai rezistent (capitolul 8).
- funcţionează la o turaţie mai mică (secţiunea următoare).
- necesită un control mai bun la vânturi puternice (capitolul 6).

Compromisul uzual este de a alege un generator care atinge întreaga putere de ieşire la o viteză a vântului de circa 10m/s. Vedeţi prima şi a patra coloană din tabelul 1.1 sau primele două coloane din tabelul 1.3. (pagina 11).

Este vital, de asemenea, să potriviţi turaţiile celor două componente, de aceea este nevoie să înţelegem caracteristicile lor de putere/viteză.

Raportul vitezei tangenţiale

Viteza extremităţii unei palete depinde de numărul de rotaţii pe minut (sau rpm) şi de diametrul rotorului. De exemplu, extremitatea unui rotor cu diametrul de 2 m, rotindu-se cu 500 rpm, atinge viteza tangenţială de circa 52 m/s. Aceasta înseamnă cam 187 km/h! Lucrul extremităţilor la viteze de peste 134 m/s (482 km/h) nu este necunoscut, dar de dragul unei vieţi liniştite, încercaţi să menţineţi viteza sub 80 m/s.

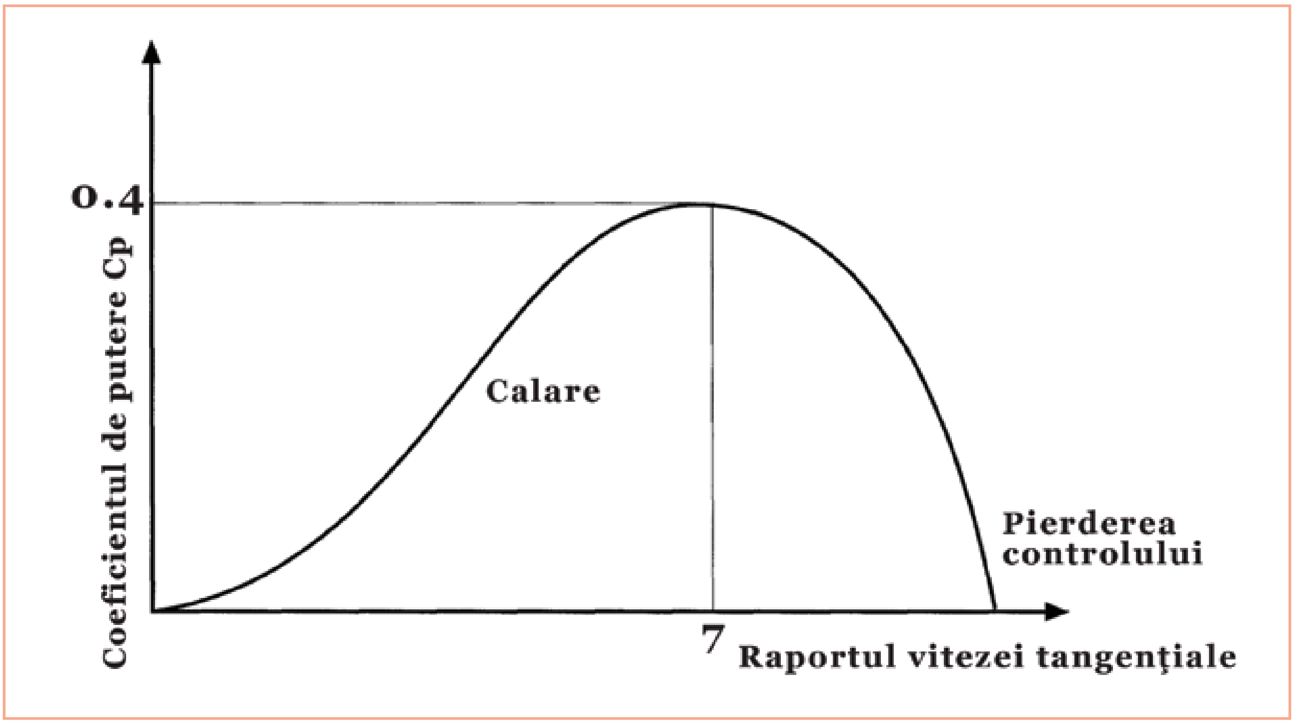
Raportul vitezei tangeţiale este un număr magic, care descrie în mod concis rotorul unui motor eolian. Este dat de raportul dintre turaţiile paletei rotorului şi viteza vântului, conform proiectării făcute. Un rotor de motor eolian nu are doar cea mai bună turaţie, simplist vorbind (600 rpm). Turaţia lui optimă depinde de viteza vântului, de diametru şi de raportul vitezei tangenţiale. (Vedeţi ecuaţiile puterii vântului).

Rotorul motorului eolian va obţine maximul la o valoare particulară a raportului vitezei tangenţiale, dar, inevitabil, va trebui să lucreze într-o anumită gamă de viteze. Coeficientul de putere „Cp" va varia în funcţie de raportul vitezei tangenţiale pentru orice proiect de rotor. Va fi cel mai bun la raportul de viteză tangenţială „proiectat" sau „nominal", dar acceptabil peste o gamă de viteze.

Fig. 1.2, arată coeficientul de putere al unui rotor tipic, proiectat să lucreze cu un raport de viteză tangenţială de 7. O mică modificare a turaţiei, sau vitezei vântului, nu va face o mare diferenţă. Dacă turaţia este prea scăzută comparativ cu vântul, atunci se va cala şi performanţele se vor reduce. Dacă nu e nicio încărcare pe rotor (probabil din cauza ruperii unui fir din circuitul electric), rotorul se va supratura, până la un punct când devine atât de ineficient, încât nu mai are rezervă de putere să meargă mai repede. Cele mai multe motoare eoliene sunt zgomotoase şi alarmante la pierderea controlului asupra vitezei tangenţiale.

În capitolul trei vom privi mai îndeaproape cum să proiectaţi un rotor de motor eolian care să lucreze la un anumit raport al vitezei tangenţiale.

Fig. 1.2 Coeficientul de putere și raportul vitezei tangențiale



Caracteristicile generatorului

Rotorul va accelera până când sarcina (generatorul) absoarbe toată puterea pe care el o poate produce. Dacă generatorul şi rotorul sunt bine împerecheate, aceasta va avea loc la raportul proiectat al vitezei tangenţiale şi se va obţine puterea maximă din vânt.

Generatoarele au şi ele vitezele preferate de lucru. Aşa cum vom vedea mai târziu, voltajul produs de un generator variază în funcţie de viteza de rotaţie. Va fi nevoie să se învârtă repede. Dacă este conectat la o baterie, generatorul va furniza voltaj în exterior atunci când valoarea acestuia va depăşi valoarea celui de la baterie.

Turaţia arborelui (rpm) peste care generatorul furnizează putere este cunoscută ca turaţie de comutare. Viteza necesară pentru obţinerea puterii exterioare complete este cunoscută ca viteză nominală. Aceste viteze trebuie să corespundă vitezelor la care rotorului îi „place” să lucreze, în corespondenţă cu vitezele vântului.

Găsirea celei mai bune turaţii

Tabelul 1.3 oferă orientările pentru potrivirea vitezelor la generatoare. Alegeţi puterea de care aveţi nevoie în prima coloană. Aceasta este puterea nominală de ieşire a generatorului (aşadar a motorului eolian). A doua coloană sugerează diametrul potrivit pentru rotor, bazat pe presupunerea că aveţi Cp de 15% şi viteza nominală a vântului este de 10m/s. Coloanele rămase vă dau cifrele pentru turaţia generatorului, în rpm, pentru fiecare serie de posibile rapoarte de viteză tangenţială.

Tabelul 1.3 Rpm pentru diferite turbine si TSRs

Putere (waţi)	Diametru (metri)	TSR=4	TSR=6	TSR=8	TSR=10
10	0.4	2032	3047	4063	5079
50	0.8	909	1363	1817	2271
100	1.2	642	964	1285	1606
250	1.9	406	609	813	1016
500	2.7	287	431	575	718
1000	3.8	203	305	406	508
2000	5.3	144	215	287	359
5000	8.4	91	136	182	227

Să presupunem că doriţi 250 Waţi, folosind un raport de viteză tangenţială de 6. Alegeţi rândul al patrulea. Din a doua coloană citiţi diametrul de rotor sugerat: 1,9 metri. La ce turaţie trebuie să lucreze generatorul? Privind mai departe, găsim în coloana a patra 609 rpm.

Aceasta vă atrage atenţia asupra celei mai grele probleme în proiectul micilor motoare eoliene. Este imposibil de găsit un generator cu o turaţie atât de scăzută. Generatoarele lucrează mai bine la turaţii mai ridicate. Ele sunt proiectate, de regulă, să furnizeze puterea nominală la turaţii cuprinse între 1500 şi 3000 rpm. Sunt variate moduri de a rezolva problema, fiecare cu variantele pro sau contra şi care se vor dezvălui citind această carte:

- Cuplarea vitezei între rotor şi generator
- Folosirea unui raport de viteză tangenţială mai ridicat
- Lucraţi la o viteză mai mare a vântului
- Modificaţi generatorul să lucreze la o viteză mai mică
- Construiţi un generator special de viteză mică.

De asemenea, trebuie , să luaţi în considerare viteza de comutare. În mod ideal, generatorul cu viteză de comutare ar trebui să lucreze la o treime din valoarea vitezei nominale. Păstrând rotorul la valoarea proiectată a raportului de viteză tangenţială, aceasta va permite o viteză de comutare de 3,3 m/s (presupunând viteza nominală a vântului de 10 m/s). Dacă turaţia de comutare rpm este mai mare de jumătate din turaţia nominală, atunci problemele pot fi de la atingerea acestei turaţii la vânturi cu viteză mică.

Rezumat

Puterea vântului e amuzantă, dar nu gratuită. Este un preţ de plătit, nu doar în lei, ci şi în timpul dumneavoastră şi în impactul asupra mediului înconjurător al altor oameni. Puteţi folosi tabelele din acest capitol pentru a alege mărimea maşinii de care aveţi nevoie. Tabelele ţin cont de pierderi pentru dumneavoastră, făcând presupuneri despre coeficientul de putere. Potrivirea vitezei dintre rotor şi generator creează câteva dileme. Rotoarele rapide sunt zgomotoase, generatoarele lente sunt grele şi transmit pierderi între puteri.

Viaţa omului şi fericirea sunt, bineînţeles, mai importante decât puterea vântului, aşa că următorul capitol este despre protecţie. După aceea, vom arunca oprivire asupra modului în care vom proiecta şi construi motoare eoliene, de la rotoare, prin partea electrică, până la cozi şi turnuri.

DOI
PROTECȚIA



Pentru mulţi oameni, experimentul cu micile motoare eoliene înseamnă a păşi în necunoscut, o adevărată aventură a vieţii. Dacă aţi fi navigat cu un iaht, sau aţi fi legat firele pentru 13 amperi la o priză, ar fi fost cineva prin preajmă care să vă spună care e calea sigură. De departe, puţini oameni au cunoştinţe despre motoarele eoliene. Aceasta reprezintă o mare responsabilitate pentru dumneavoastră de a fi protejaţi.

Consultaţi-vă cu oameni experimentaţi, când e posibil, dar nu vă aşteptaţi ca ei să aibă cuvântul final. Un electrician pentru instalatii electrice casnice nu va fi familiarizat, probabil, cu materialele pentru curent trifazat variabil, de exemplu. Cineva trebuie să cunoască riscurile şi acea persoană sunteţi chiar dumneavoastră.

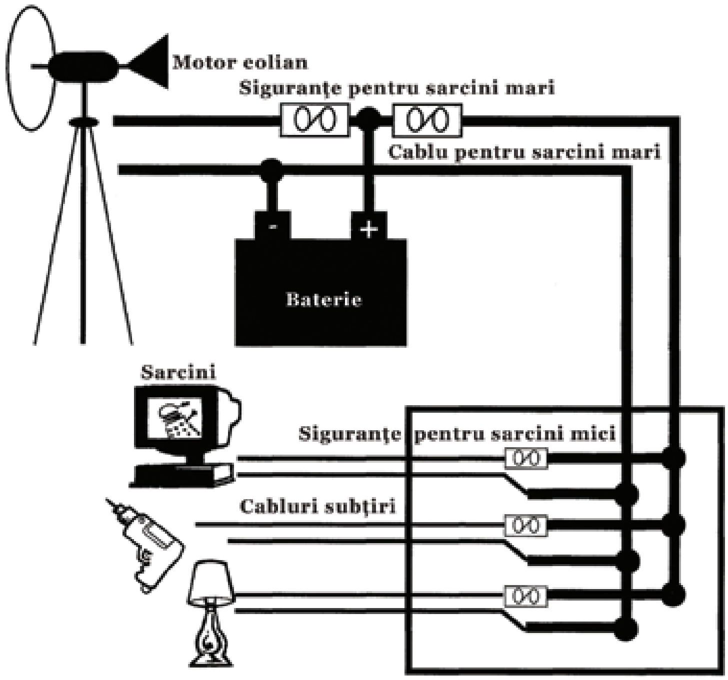
Protecția electrică

Materialele electrice prezintă două riscuri principale: focul şi şocul. Ambele sunt acoperite complet de către Regulile de protecţia muncii în domeniul electric, care se pot găsi publicate sub formă de cărţi, în biblioteci sau librării.

Protecția împotriva focului

În ultimul capitol am menţionat pierderile în cupru, datorită curentului electric care produce căldură străbătând conductorii. Când un conductor este supraîncărcat cu curent electric, el se poate încinge excesiv, astfel încât să se topească izolaţia de PVC care îl îmbracă şi să incendieze clădirea.

Fig. 2.1 Folosirea corectă a dispozitivelor de suprasarcină



Scurtcircuite, siguranţe şi întrerupătoare miniaturale (MCBs)

Curentul excesiv se poate datora suprasarcinii, când prea multă putere e folosită de către circuit, sau când s-a produs un „scurtcircuit". „Scurt" este numele dat unui defect în care există contact între două fire din reţeaua de alimentare cu curent (plus şi minus sau fază şi nul). O reţea de alimentare, sau o baterie, pot furniza curenţi înalţi de mii de amperi în cazul unui scurtcircuit.

Oricare ar fi cauza, curenţii excesivi trebuie opriţi înainte de a produce un incendiu. Fiecare circuit care vine de la reţeaua de alimentare trebuie să fie echipat cu un dispozitiv de supracurent, o siguranţă sau un întrerupător, care va întrerupe automat circuitul, dacă vine prea mult curent prin el. (Fig. 2.1). Siguranţele sunt convenabile pentru echipare, dar costă bani să fie înlocuite. Miniîntrerupătoarele au o popularitate în creştere, în ciuda costului suplimentar. Ele arată precum comutatoarele, pot fi folosite pentru deconectarea manuală a circuitelor şi, dacă fac o greşeală, sunt uşor de restabilt. În general, sunt mai sensbile decât siguranţele şi, de aceea, sunt mai sigure.

Căldura produsă depinde pe de o parte de conductor. Dacă folosiţi diferite mărimi de conductori, atunci fiecare circuit trebuie să fie analizat separat. Dispozitivul de supracurent trebuie să fie capabil să conducă curentul aşteptat în circuit şi trebuie să fie proiectat să deconecteze circuitul dacă se supraîncarcă conductorul, sau este scurtcircuitat.

Legături proaste și pereți arși

Cablurile nu sunt singurul risc de foc într-un sistem electric. O conexiune corodată va dezvolta o rezistenţă înaltă la trecerea curentului electric, înainte de a se defecta complet. Normal, curentul trecând prin această rezistenţă, o încălzeşte, poate până la punctul când poate arde imprejurimile. De aceea:

Montaţi întotdeauna conexiunile pe materiale rezistente la foc, nu pe lemn.

Preveniţi umezeala de coroziune a conexiunilor, menţinându-le curate şi uscate.

Radiatoarele

Ultimul, dar nu cel din urmă, este riscul de foc de la instalarea incorectă a radiatoarelor. Un radiator electric are nevoie de o ventilaţie bună şi ar putea necesita să fie înconjurat de materiale rezistente la foc, pentru protecţie.

Radiatoarele de tipul „descărcare de sarcină" sunt, în mod special, mai riscante. Acestea au scopul de a disipa un surplus de energie. Ele sunt acţionate, în mod normal, de un circuit electric automat de control, care operează fără supervizare umană. Aceste radiatoare sunt rar utilizate şi, atunci când e nevoie de ele, pot fi folosite pe neaşteptate, ele putând fi între timp acoperite de haine vechi sau alte materiale inflamabile.

Protecția împotriva șocului

Un şoc electric este un curent electric care străbate corpul. Se întâmplă deoarece o persoană atinge două conductoare diferite, între care există o tensiune electrică. Sunt câteva moduri diferite de protecţie împotriva riscului de şoc.

Folosind tensiune joasă

Cel mai simplu mod de prevenire a şocului este folosirea tensiunii joase de 12-24 volţi. Chiar dacă o persoană atinge ambele borne ale unei baterii, nu este nicio senzaţie de şoc (dacă nu mă credeţi, puteţi încerca). Tensiunile sub 50 V sunt numite tensiuni foarte joase. Dacă le ţinem separat de circuitele de înaltă tensiune vor fi destul de sigure.

Câteva cuvinte de avertizare despre tensiunea bateriei. Tensiunea nominală a unui sistem eolian nu este exactă. Dacă bateria este deconectată şi motorul eolian lucrează la turaţie mare, atunci tensiunea furnizată va fi mult mai mare. De asemenea, sunt motoare eoliene care folosesc transformatoare de înaltă tensiune de la generator către cutia de control, pentru a minimiza pierderile în cabluri. Niciodată să nu presupuneţi că tensiunea de la motorul eolian este prea mică pentru a vă da un şoc.

Închideți-l, puneți-i siguranță, împământați-l

Dacă trebuie să folosţi tensiunea de alimentare, atunci e esenţial să vă luaţi măsuri de precauţie. Cel mai simplu mod de a trata o reţea cu tensiune de alimentare este de a urma practica standard pentru cablajele alimentate cu tensiune. Aceasta va face ca sistemul dumneavoastră să fie mai uşor de înţeles de alţii. Dar, amintiţi-vă că în practică furnizorul dumneavoastră de energie eoliană s-ar putea să nu se comporte ca la o tensiune de alimentare.

Toţi conductorii sub tensiune trebuie să fie în interiorul unei cutii, departe de degetele leneşe. Cu orice preţ, reciclaţi cabluri din resturi. Dar întotdeauna verificaţi ca izolaţia cablului să fie nedeteriorată înainte de a-l folosi pe acesta la tensiuni de alimentare.

Sistemul de împământare

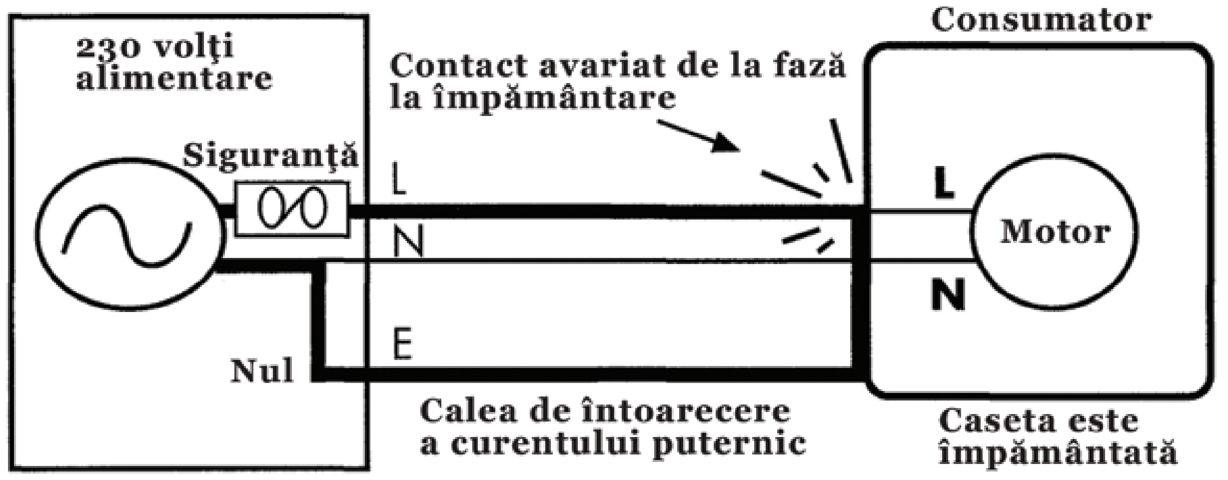
Reţelele de alimentare din Marea Britanie au protecţie printr-un sistem numit „împământare şi deconectare automată a reţelei". Împământare înseamnă conectarea împreună a tuturor suprafeţelor metalice posibil de a fi atinse. Cablul de împământare va scurtcircuita orice tensiune periculoasă care ar putea apărea datorită unei erori. Împământarea aparatelor electrice e realizată cu firul de împământare din cablaj. Folosiţi-vă bunul simţ pentru a decide care alte obiecte pot fi împământate împreună; unde este electricitate în uz, toate suprafeţele metalice expuse trebuie împământate. O tensiune periculoasă e de nedorit între cuţitul şi furculiţa dumneavoastră, doar dacă mâncaţi cumva în cutia de siguranţe. Dar conductele de apă şi gaze trebuie neapărat împământate.

Obiectele de metal nu sunt singurele conductoare cu care puteţi veni în contact. Planeta Pământ este un conductor, aşa că o tensiune între apa de la robinet şi pământ poate să vă dea un şoc. Prin urmare, se spune că împământarea este reţeta de siguranţă. Ar trebui să puneţi toate sârmele de împământare la una sau mai multe tije de cupru îngropate în pământ.

„Deconectarea automată a reţelei" este necesară, de asemenea, aşa că atunci când apare o avarie, este rapid acţionată. O avarie ar putea fi un contact nedorit între o fază (care ar trebui să fie izolată) şi o parte expusă (care este împământată). Un astfel de contact poate să apară într-o situaţie periculoasă şi alimentarea trebuie oprită.

La cablurile de alimentare deconectarea automată se face folosind dispozitivele de supracurent. În această ţară, nulul alimentării este legat cu împământarea ei. De aceea orice contact între fază şi împământare este un scurtcircuit al alimentării, cauzând supracurenţi puternici, care vor face să lucreze siguranţele sau întrerupătoarele de circuit (Fig. 2.2).

Fig. 2.2 O avarie de împământare arde o siguranță



Dispozitivele de curent rezidual (RCDs)

Dacă alimentarea este de la un motor eolian sau invertor, atunci e posibil să nu vină un curent prea puternic care să ardă sau să declanşeze un dispozitiv, chiar atunci când alimentarea se face pe direct. Un dispozitiv de supracurent nu este bun pentru deconectare automată în cazul acestei alimentări. Un dispozitiv de curent rezidual este necesar. Acesta este foarte sensibil, acţionând la o mică scurgere de curent pe împământare prin întreruperea alimentării.

Când conectaţi un RCD în sistemul dumneavoastră, verificaţi mai întâi unde este legat nulul la împământare. Niciodată nu trebuie să fie mai mult de o legătură între nul şi împământare şi este de obicei făcută la alimentare. Când se folosesc alimentări alternative, nulul se leagă la tabloul de distribuţie. Legătura între nul şi împământare trebuie să fie pe partea pe unde se alimentează RCD, altfel acesta nu va vedea avaria deloc (Fig. 2.3 pag. următoare).

Dispozitive de protecție - rezumat

Pentru a preveni focul, fixaţi un MCB la sfârşitul fiecărui cablu de alimentare (fază sau pozitiv) din sistem. Capacitatea de transport a cablului trebuie să fie cel puţin la fel de mare ca cea a MCB, care trebuie să fie mai mare decât curentul destinat a fi folosit.

Pentru a evita riscul de şoc, verificaţi dacă nulul e legat la împământarea alimentării şi montaţi un RCD.

Fig. 2.3 Poziţionarea corectă a RCD

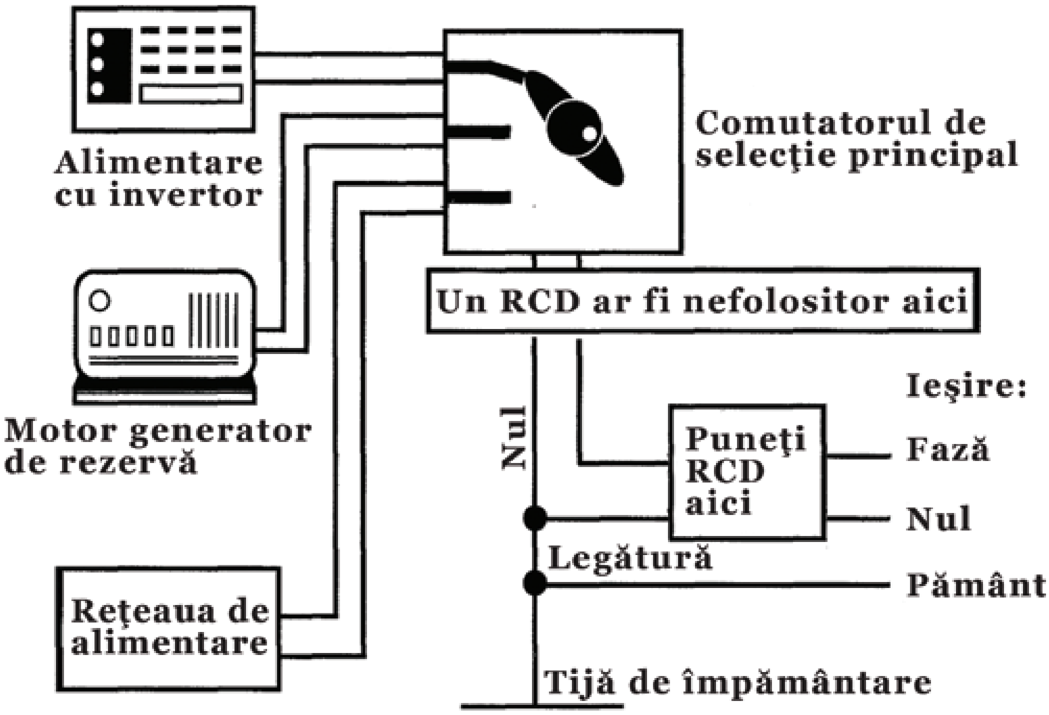


Fig. 2.3 RCD trebuie să fie în aval faţă de legătura nulului.

Riscurile bateriei

Urăsc bateriile. Ele sunt caracteristica cea mai urâtă a sistemelor singulare de motor eolian. Aş fi vrut să nu avem nevoie de baterii, dar ele sunt esenţiale acolo unde energia vântului este sursa primară de electricitate. Ele combină câteva proprietăţi periculoase.

În primul rând, sunt destul de grele pentru a vă afecta coloana când e nevoie să le mutaţi.

În al doilea rând, sunt pline de acid sulfuric coroziv, care vă poate ataca hainele şi pielea. Este riscant mai ales pentru ochi. Curăţaţi scurgerile cu o soluţie alcalină (de exemplu, soda de rufe, pe care e bine s-o aveţi mereu la îndemână). În eventualitatea contactului cu pielea (sau cu ochii), spălaţi-vă cu multă apă. (Spălaţi-vă prompt şi salopetele, dacă vreţi ca acidul să nu le găurească).

În al treilea rând, ele vor produce o teribilă scânteie şi vă pot produce o arsură neplăcută dacă le scurtcircuitaţi cu o cheie fixă, de exemplu.

Înlăturaţi orice bijuterie atunci când lucraţi cu baterii. Întotdeauna montaţi o siguranţă, sau un întrerupător, pentru a proteja cablajul. Nu lăsaţi dispozitivul de supracurent în contact cu bateria, se poate coroda.

În cele din urmă, ele emană gaze explozive, care se pot aprinde de la o scânteie, aşa că ţineţi bateriile într-un spaţiu ventilat. Un mic orificiu în cel mai înalt punct şi care să comunice cu exteriorul, este tot ce aveţi nevoie- hidrogenul se ridică rapid. Nu produceţi niciodată scântei în jurul orificiilor de ventilaţie de la partea de sus a cutiei bateriei. Scânteile sunt cauza cea mai comună de producere a exploziilor bateriilor. Gazele închise acolo explodează, distrugând partea superioară a cutiei şi împroşcând în jur cu acid.

Dispuneţi de baterii în mod responsabil. Plumbul e toxic, acidul e toxic şi e nevoie să fie reciclate şi nu aruncate. Negustorii de reziduuri vă pot plăti uneori ca să le ia de la dumneavoastră. Autorităţile locale vă pot ajuta să dispuneţi de ele în mod sigur.

Alte responsabilităţi

Lucrul cu maşini de rotaţie

Paletele de motoare eoliene se rotesc cu turaţii mari. Paletele trebuie să nu poată fi atinse de trecători sau de copii.

Când terminaţi primul set de palete de rotor, nu fiţi tentat să le testaţi afară, ţinându-le la vânt în ceva provizoriu, pentru plăcerea dumneavoastră. Când rotorul porneşte, nu veţi fi în stare să-l opriţi. Forţele de rotaţie îl vor roti şi desprinde din prindere şi, cel mai probabil, cineva va fi rănit.

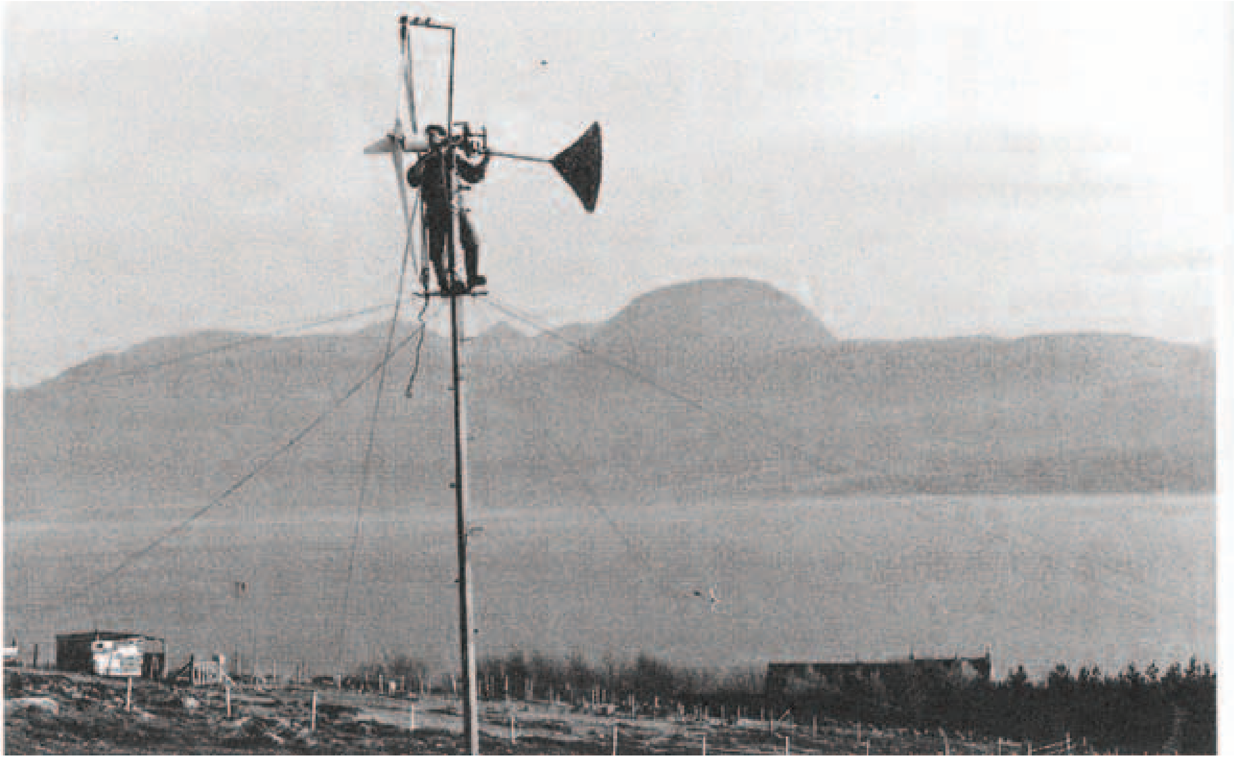
Curelele de transmisie descoperite, arborii şi alte asemenea sunt periculoase. Când aveţi de-a face cu generatoare şi transmisii la nivelul solului (de exemplu, un strung) trebuie să le trataţi cu mare respect. Nu purtaţi haine largi şi ţineţi-vă capul acoperit.

Iată o poveste pe care mi-a spus-o Mick Sagrillo, un guru al motoarelor eoliene şi cu ceva reputaţie în Statele Unite:

„Eram sus în Alaska, pe râul Yukon, la 35 de mile de mers cu barca de cel mai apropiat telefon. Lucram cu cineva, pe nume Iacob, la un banc de probe pentru baterii. Era cam 10 seara şi bineînţeles că lucrasem mai mult decât trebuia. La acea vreme purtam părul lung şi atârnând până la jumătatea spatelui, în coadă de cal, dar acum era prins sub o şapcă.

Cumva, arborele lent al generatorului mi-a prins părul, şi a început să mi-l smulgă încet. Pe tot. Odată ajuns acasă, eram rănit de parcă mă operasem la coloană. A fost o experienţă teribilă. Încă mă mai ascund la sunetul scos de un Velcro. Oricum, am avut noroc, deoarece eram pe pământ şi am supravieţuit. Şi, din fericire, părul mi-a crescut la loc. Nu mai e nevoie să spun că nu mai port părul lung de loc.”

Lucrul la înălţime



Montarea unui rotor de motor eolian la vârful turnului folosind scripeţi

Lucrul la înălţime (evitaţi-l pe cât posibil!)

Dacă nu puteţi evita lucrul la înălţime, atunci fiţi sigur că:

- turnul nu poate să cadă.
- legaţi-vă pe timpul lucrului.
- nimeni să nu treacă prin apropiere în timp ce lucraţi, în caz că scăpaţi vreo cheie.

Nu vă căţăraţi niciodată dacă nu sunteţi încrezător, relaxat şi sigur că aţi planificat fiecare mişcare. Mai bine staţi, nu o faceţi deloc.

Industria motoareelor eoliene din Statele Unite a avut câteva accidente mortale de-a lungul timpului, în legătură cu căderile din turnuri. În Europa, este mai normal să ridici turnul şi motorul eolian ca un tot (unitate), după asamblare. Cu toate că şi aceasta are pericolele ei, nu ştiu să fi existat accidente mortale.

Operațiunile de ridicare

Chiar atunci când nu părăsiţi pământul, ridicarea turnului trebuie să se facă cu grijă şi chibzuinţă. Pârghiile sunt surprinzător de neprevăzute şi sunt deseori diferiţi oameni, lucrând la diferite planuri, în acelaşi timp.

Situaţia cea mai sigură este când sunt implicaţi cât mai puţini oameni, o persoană este neapărat responsabilă, iar ceilalţi stau bine în afara zonei de cădere (unde turnul ar putea ateriza dacă lucrurile merg rău). Operaţiunile de ridicare trebuie să se desfăşoare încet şi chibzuit. Ticăloşii pot pune brusc o încărcătură mult mai mare pe aparatura dumneavostră. De aceea, palanul trebuie să fie mai rezistent decât se cere pentru a ridica sarcina, cu un coeficient bun de siguranţă (să zicem de cinci ori mai mare).

Bucățelele și turnurile cad

Protecţia e prima şi ultima în proiectul motoarelor eoliene. Construiţi-vă turnul astfel încât niciodată să nu cadă. Poziţionaţi-l presupunând că sigur va cădea, sau cel puţin că bucăţi grele de metal vor cădea când cineva va trece prin apropiere.

Nu fiţi prea deprimat. Protejând conştiincios, nu vă ia mult timp. Mai bine să fiţi deprimat înainte decât după, când e prea târziu.



TREI

PROIECTUL ROTORULUI

Acest capitol este despre proiectarea paletelor rotorului la motorul eolian. Vom începe cu teoria despre cum paletele îşi îndeplinesc sarcina lor şi următorul capitol descrie modul practic în care le puteţi face.

Betz revăzut

Puterea vântului e limitată. Noi extragem acea putere frânându-l (încetinindu-l). Conform lui Betz (Capitolul unu), o frânare a vântului este optimă (până la o treime din valoarea vitezei curentului în amonte), atunci când extrage cea mai mare putere (59,3%). O frânare mai puternică va duce la devierea vântului departe de rotor.

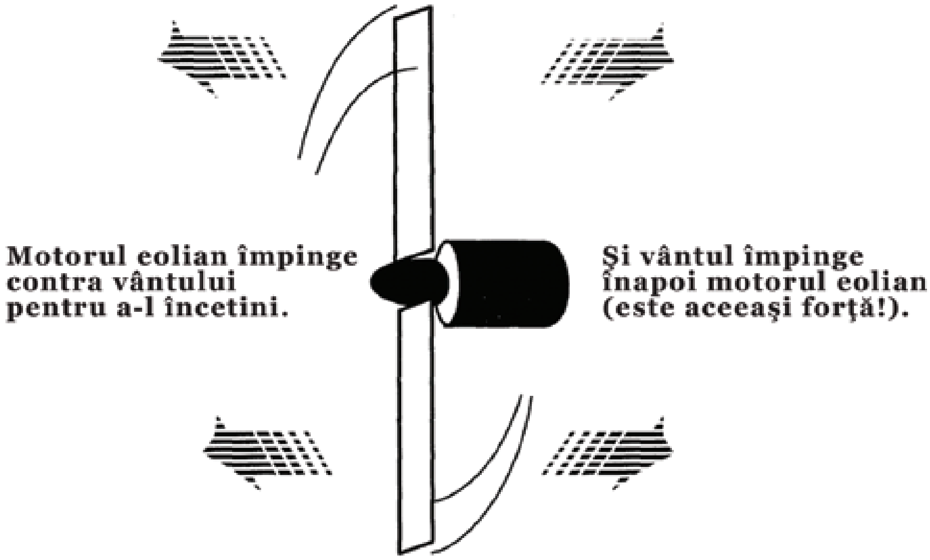
„Forţa de frânare” care decelerează vântul este egală cu forţa de împingere a vântului asupra rotorului (a treia lege a lui Newton). Şmecheria principală a proiectării rotorului este crearea forţei de împingere, care va produce frânarea optimă a lui Betz şi nu mai mult.

Câte palete?

Decizia fundamentală în execuţia oricărui proiect de rotor este câte palete vom folosi. Mulţi oameni simt în mod intuitiv că un număr mai mare de palete va produce mai multă putere. La suprafaţă, deoarece fiecare paletă contribuie la puterea produsă de motorul eolian, aceasta judecată pare a fi logică. Greşeala în această logică este presupunerea de bază că acolo se dispune de mai multă putere. Dacă două palete este numărul corect, atunci nu are niciun sens să o adăugăm pe a treia, care va fi doar o piedică, de fapt.

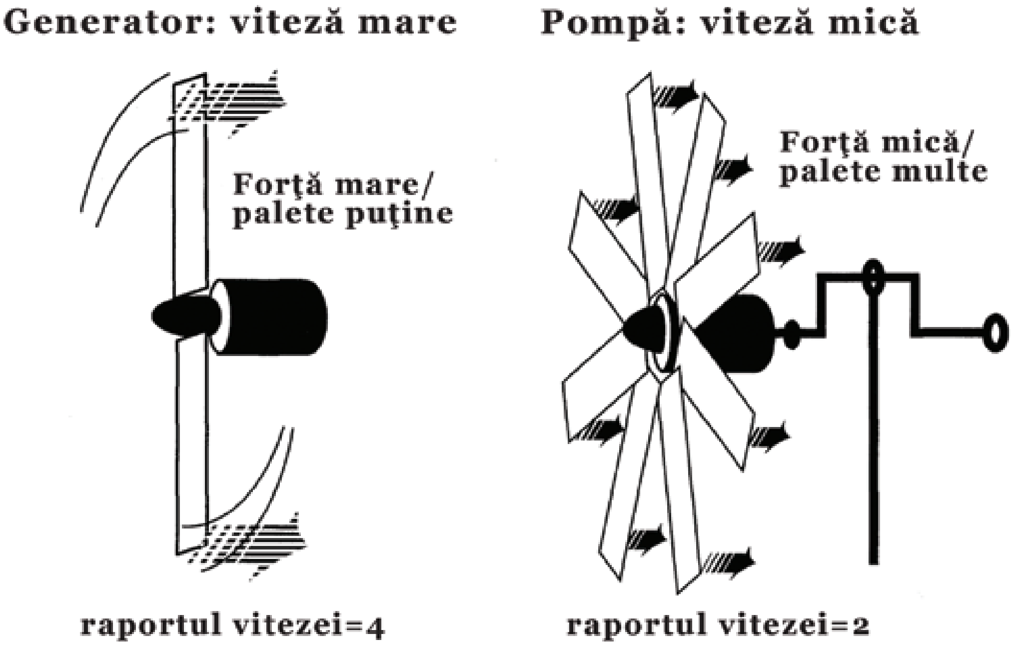
Şi totuşi, de ce vedem motoare eoliene cu multe palete, în timp ce altele au doar două sau trei? Răspunsul se află în diferitele sarcini pe care le au de îndeplinit motoarele eoliene, ceea ce necesită viteze diferite de lucru.

Fig. 3.1 Forţele pe un motor eolian



Cu cât mai repede trece paleta prin vânt, cu atât mai mare este forţa de împingere. De fapt, forţa creşte direct proporţional cu pătratul vitezei paletei, astfel încât efectul dublării turaţiei rotorului este o creştere de patru ori a forţei. Este o forţă optimă care se poate dezvolta, pentru obţinerea puterii maxime (conform lui Betz). Dublarea vitezei rotorului creşte efectul fiecărei palete pe vânt, de patru ori, aşa că nu avem nevoie decât de un sfert din numărul de palete (Fig. 3.2).

Fig. 3.2 Tipul paletei și viteza axului



Cuplu și viteză

Puterea mecanică are două componente: forţa şi viteza. Cuplul este expresia tehnică pentru „forţa de torsiune”. Pompele au nevoie de multă torsiune, mai ales atunci când pornesc din repaus. Generatoarele au nevoie de multă viteză. Ele folosesc aceeaşi cantitate de putere, dar în moduri diferite. Puterea rotorului este produsul dintre forţă şi turaţie.

Tabelul 3.1 vă sfătuieşte pentru alegerile tipice ale raportului dintre viteză şi numărul de palete pentru pompe şi generatoare.

Două palete sau trei?

Numărul paletelor pe care le folosim este în mare măsură dictat de raportul vitezei cu care vrem să lucrăm. Sunt câteva derivate totuşi, aşa cum se poate vedea din tabelul 3.1. Trei palete înguste vor avea performanţe similare cu două mai late.

Tabelul 3.1 Tipuri de turbine

Raport de transmitere	Număr de pale	Funcții
1	6-20	Pompe lente
2	4-12	Pompe rapide
3	3-6	Olandeză în 4 palete
4	2-4	Generatoare lente
5-8	2-3	Generatoare
8-15	1-2	Cel mai rapid posibil

Atunci, care este diferenţa? Două palete fac mai mult zgomot decât trei. Aceasta, parţial, din cauză că este o diferenţă în viteza vântului de la vârful paletei şi de la baza ei, cunoscută ca „forfecare de vânt”. Forţa de la baza paletei este mai mică decât cea de la vârful ei. Când sunt numai două palete, configuraţia respectivă duce la un dezechilibru pulsatoriu. Diferenţa este cea mai critică pe direcţie verticală, neglijabilă pe direcţie orizontală şi foarte complicată pe direcţiile diagonale. Un rotor cu trei palete nu va suferi din cauza acestei probleme.

Un alt fel de trepidaţie apare când motorul eolian „girează”. A gira este termenul pentru „rotirea” în plan orizontal a motorului eolian. Rotoarele cu două palete suferă de trepidaţii în timpul giraţiei. Consideraţi efectul ţinerii unui obiect lung şi drept, ca o coadă de mătură, când vreţi să faceţi o întoarcere bruscă. Dacă ţineţi coada de mătură vertical, vă puteţi răsuci în plan vertical fără nicio problemă. Când ţineţi orizontal, este mai mare inerţia, făcând întoarcerea dumneavoastră mai greoaie. Un motor eolian cu rotor centrifugal se mişcă de la

planul vertical la cel orizontal de mai multe ori într-o secundă, ceea ce face ca mişcarea de giraţie să fie sacadată (Fig. 3.4).

Fig. 3.3 Efectul de forfecare a vântului

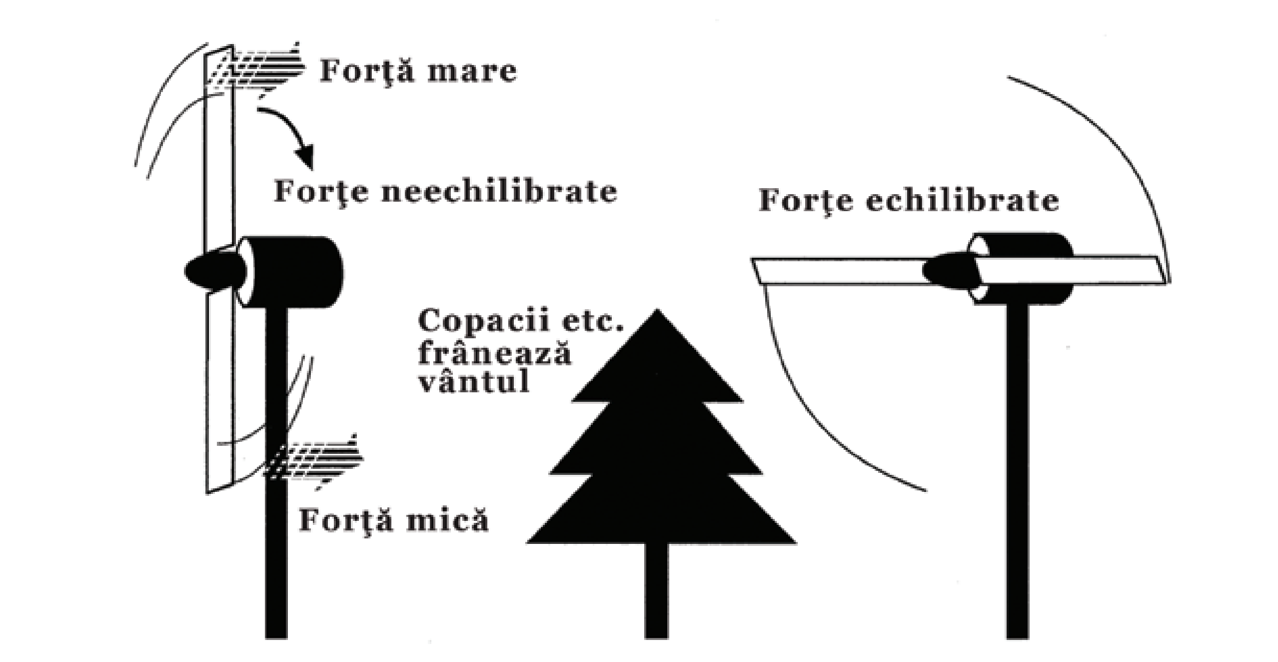


Fig. 3.4 Trepidaţii în timpul giraţiei

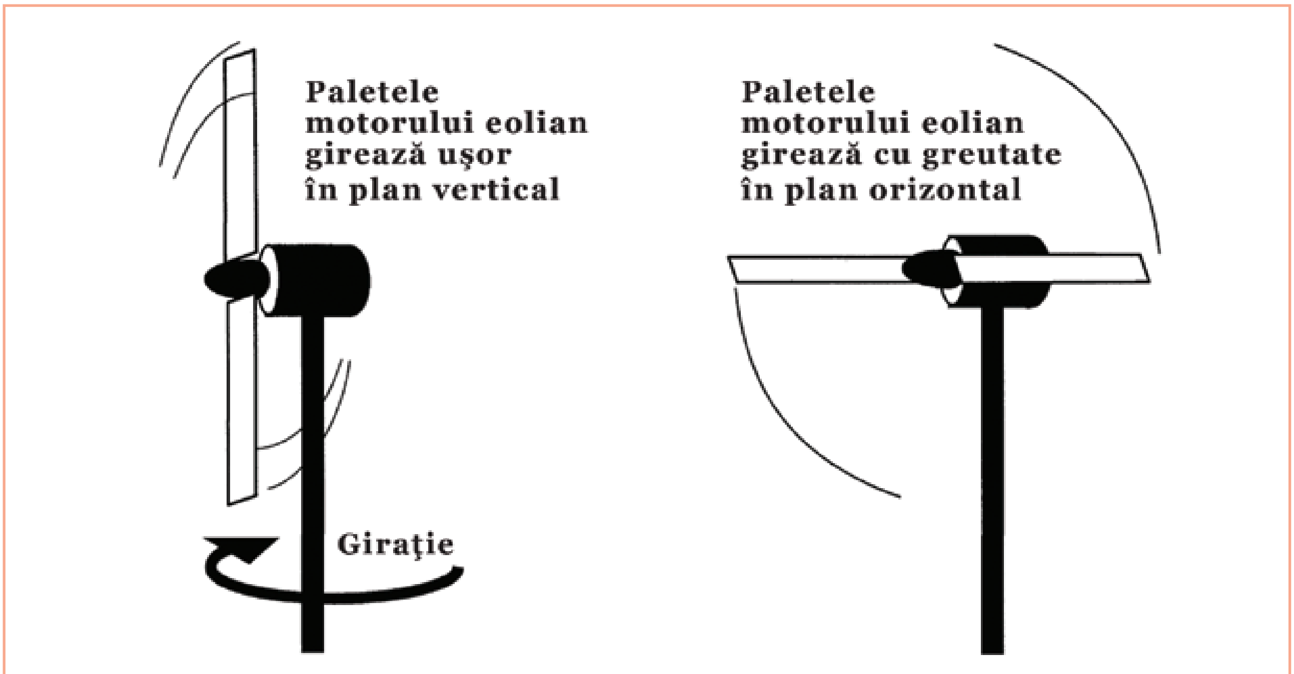


Fig. 3.4 Palele se rotesc rapid între planul vertical și cel orizontal, cauzând vibrația mașinii în timpul girației.

Folosirea portanţei şi a tracţiunii

Este timpul să privim de aproape în ce fel palele motorului eolian interacţionează cu vântul pentru a produce forţele care pun maşina în mişcare. Orice obiect aflat într-un curent de aer va fi împins. Forţa care acţionează asupra obiectului poate fi paralelă cu curentul de aer, dar e cel mai probabil să fie oblică. Obiectele asimetrice creează forţe asimetrice. Pentru a vă ajuta în calcule, descompunem forţa în două componente, acţionând în direcţii diferite, numite portanţă şi tracţiune (Fig. 3.5).

Fig. 3.5 Portanță și tracțiune

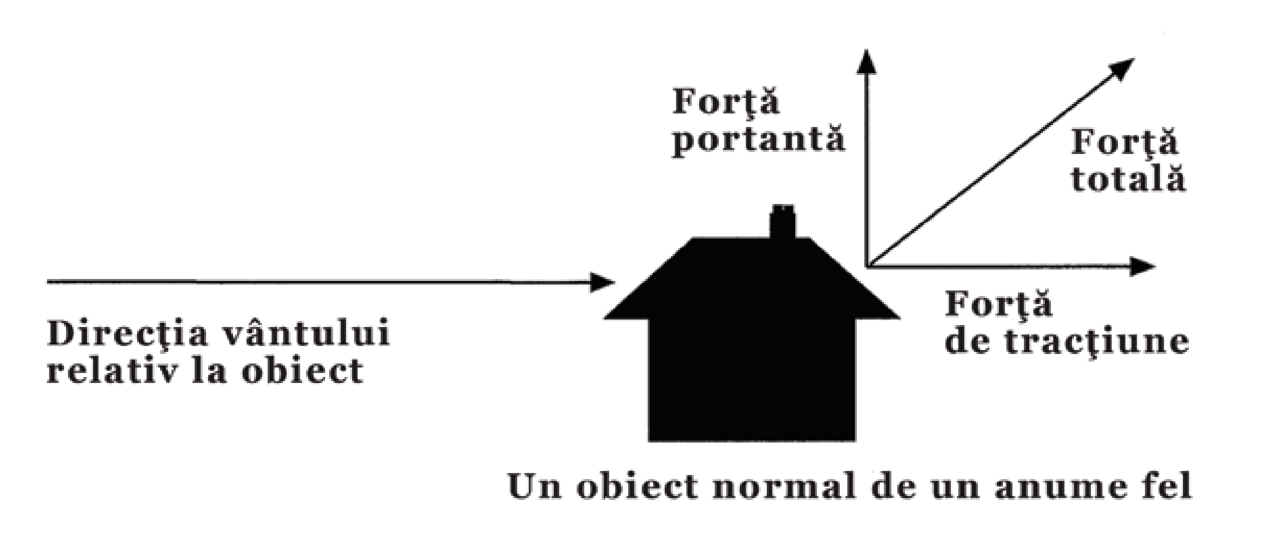


Fig. 3.5 Componentele forței aerodinamice

- Portanţa face un unghi de 90 de grade cu direcţia curentului de aer.
- Tracţiunea este paralelă cu direcţia curentului de aer.

Diferitele tipuri de motoare eoliene folosesc diferite componente ale forţei. Cele mai timpurii motoare eoliene cunoscute au fost cele cu ax vertical, probabil derivate din „morile cu boi” acţionate de mersul în cerc al animalelor. Axul motor era vertical, învârtind o piatră de moară în cele mai multe cazuri. Paletele erau zbaturi primitive făcute din lemn sau rogojină, care captau vântul, fiind învârtite de acesta (Fig. 3.6).

Un perete de adăpost era folosit pentru a proteja zbaturile pe o parte a motorului eolian, astfel încât vântul împingea rotorul, învârtindu-l. Zbaturile erau proiectate să aibă randament cu vântul de pe o parte, captându-l de pe cealaltă parte. În orice caz, era forţa de tracţiune a vântului pe zbat cea care făcea ca motorul eolian să se învârtă.

Fig. 3.6 Motoarele eoliene timpurii

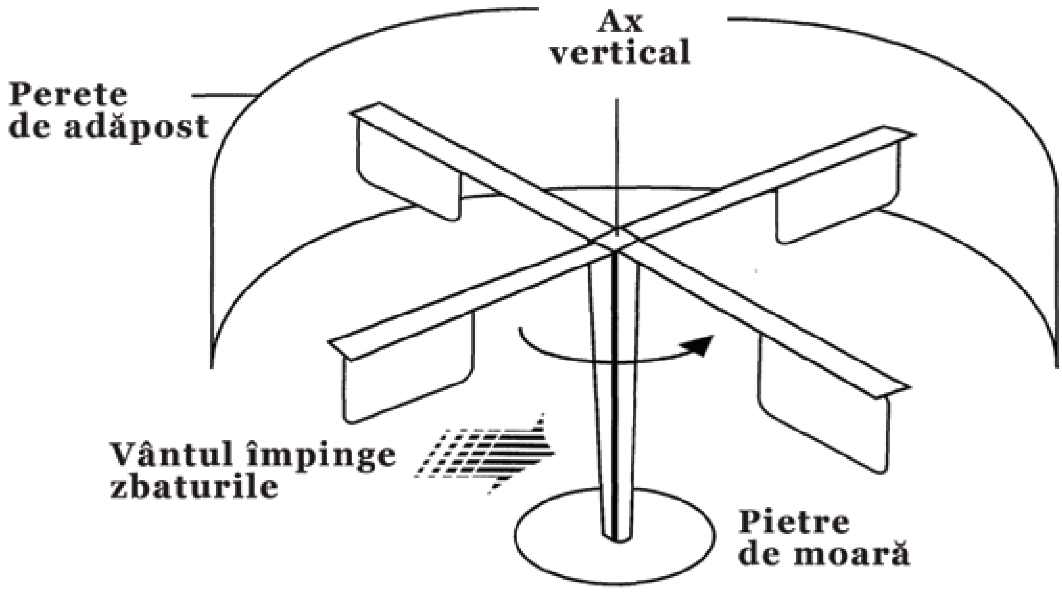


Fig. 3.6 Motoarele eoliene timpurii erau de acest tip şi erau cunoscute ca maşini cu tracţiune.

Motoarele eoliene, cum erau acesta, erau cunoscute ca „maşini cu tracţiune",deoarece ele operau cu ajutorul forţelor de tracţiune ale vântului. Separat de faptul că erau uşor de înţeles, maşinile cu tracţiune aveau puţine avantaje. Jumătate de rotor nu face nimic, sau chiar trage maşina înapoi. Astfel încât coeficientul puterii e scăzut. Viteza este limitată, de asemenea. Extremităţile nu se pot mişca mai repede decât le împinge vântul. Motoarele eoliene moderne operează cu forţele de portanţă şi de aceea pot fi numite „maşini cu portanţă".

Ce vânt face ca să se vadă de fapt paleta?

Imaginaţi-vă pe dumneavoastră la extremitatea unei palete a unui motor eolian modern tipic (Fig. 3.7). Vă puteţi imagina efectul pe care-l va avea mişcarea de coborâre a extremităţii paletei datorită acţiunii vântului. Dacă rotorul se învârte într-o zi calmă, aţi simţi un vânt din faţă egal cu viteza paletei. Când este şi un vânt din lateral, vântul din faţă se adaugă la el, dând naştere unui vânt rezultant direcţionat sub un unghi. Putem numi acest vânt care acţionează asupra paletei „vânt relativ".

Acest tip de motor eolian este mai greu de înţeles, dar are câteva avantaje mari. Extremitatea se poate mişca cu o viteză mai mare ca a vântului. Dificultatea principală vine de la forţa de tracţiune, care trage de pală în spate. Cu cât se mişcă mai repede, cu atât mai mult forţa de tracţiune se roteşte pentru a frâna paleta (orientată în sus). Pentru a obţine un coeficient de putere bun, trebuie să creăm portanţa optimă, micşorând tracţiunea. Cu alte cuvinte, trebuie să micşorăm raportul portanţă/tracţiune.

Fig. 3.7 Un motor eolian modern

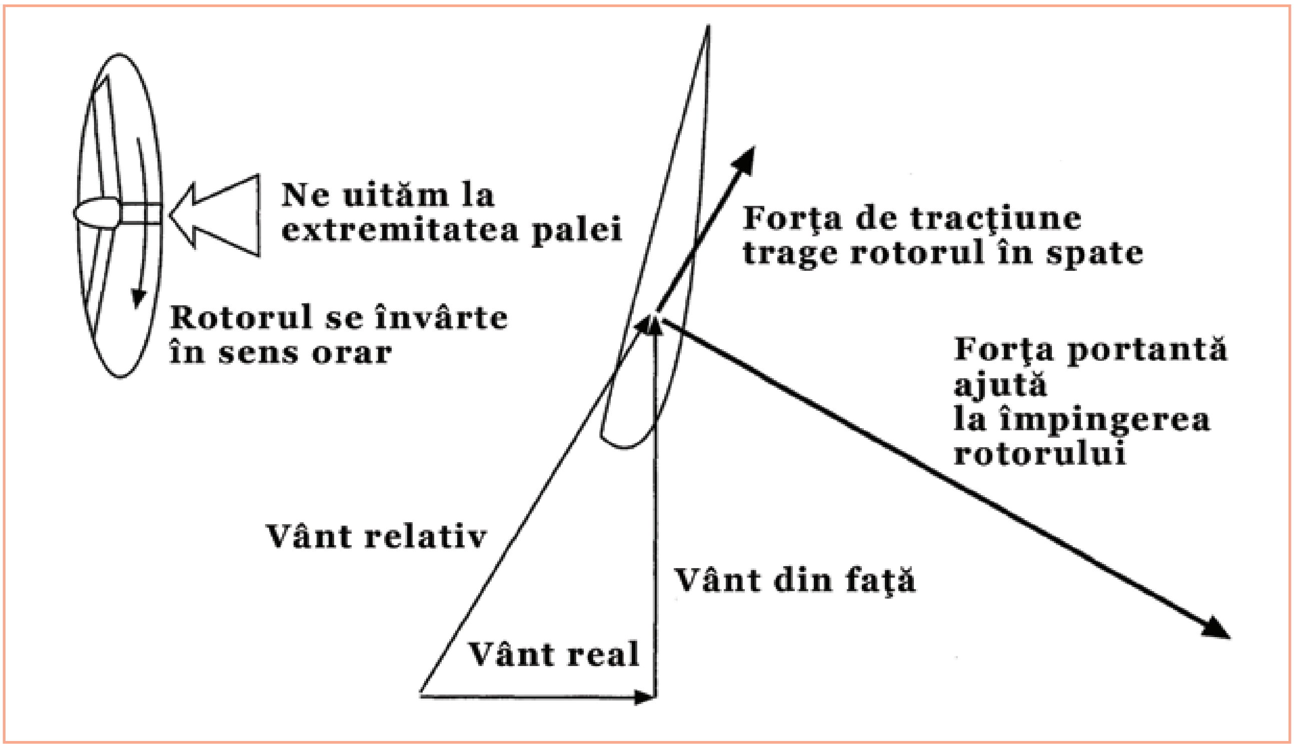
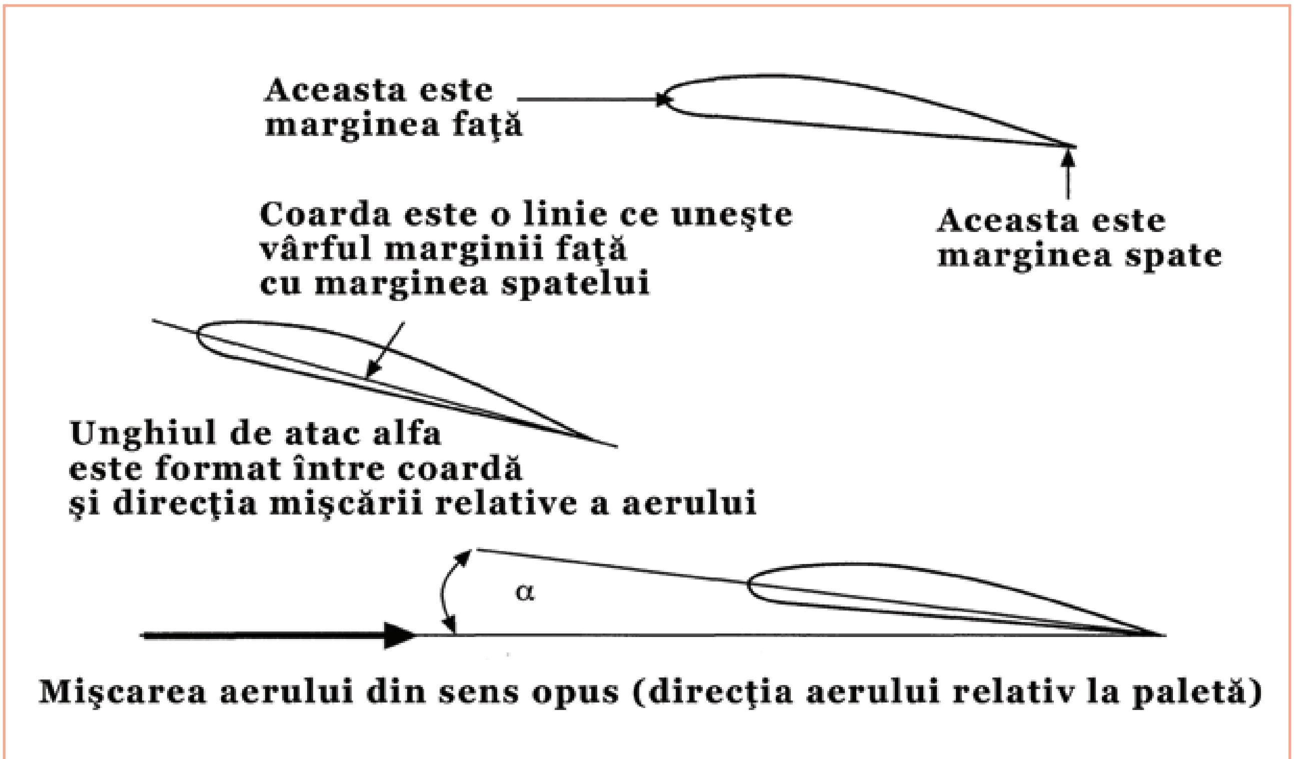


Fig. 3.7 Mașina cu portanță cu ax orizontal

Fig. 3.8 O paletă tipică.



Ajută folosirea unei forme mai aerodinamice, de exemplu secţiunea unei aripi, aşa ca secţiunea NACA 4412 din fig. 3.9.

Unghiul de atac este format între linia de coardă şi direcţia vântului, aşa cum se vede în secţiunea aripii. Se pot găsi grafice în cărţi de date care arată felul în care portanţa variază în funcţie de unghiul de atac, pentru tipurile comune de secţiuni de aripi. Figura 3.8 arată graficul pentru NACA 4412.

Reţineţi că acest coeficient de portanţă creşte odată cu creşterea unghiului de atac, până la un punct cunoscut ca „oprire”, unde curentul de aer se desprinde de profilul aripii şi apare o zonă de turbulenţă. O aripă blocată are portanţa scăzută şi tracţiunea ridicată.

Fig. 3.9 Portanța în funcție de unghiul de atac la NACA 4412 (Re= 101^7).

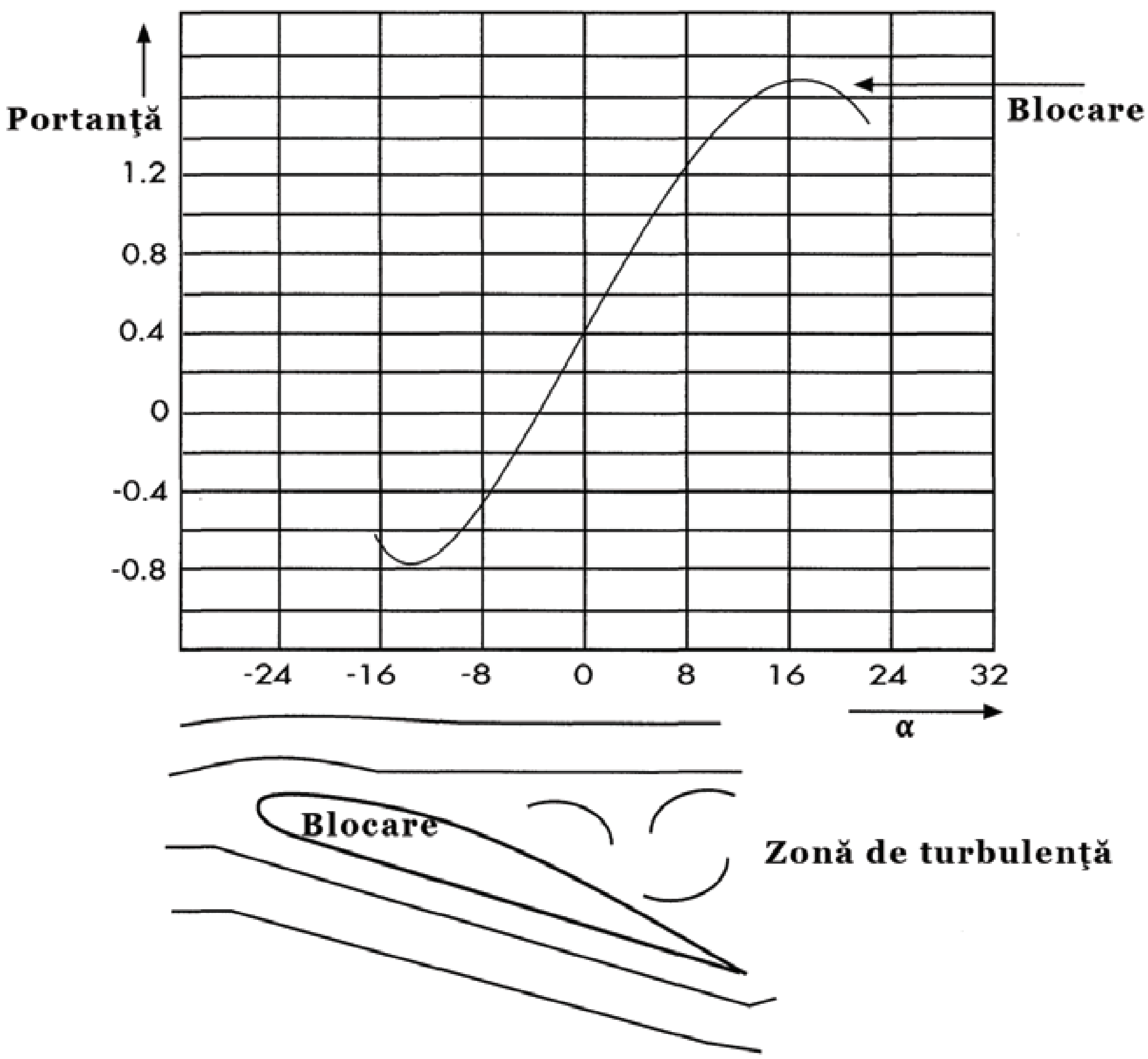


Fig. 3.10 Dimensiunile rotorului și punctele de oprire

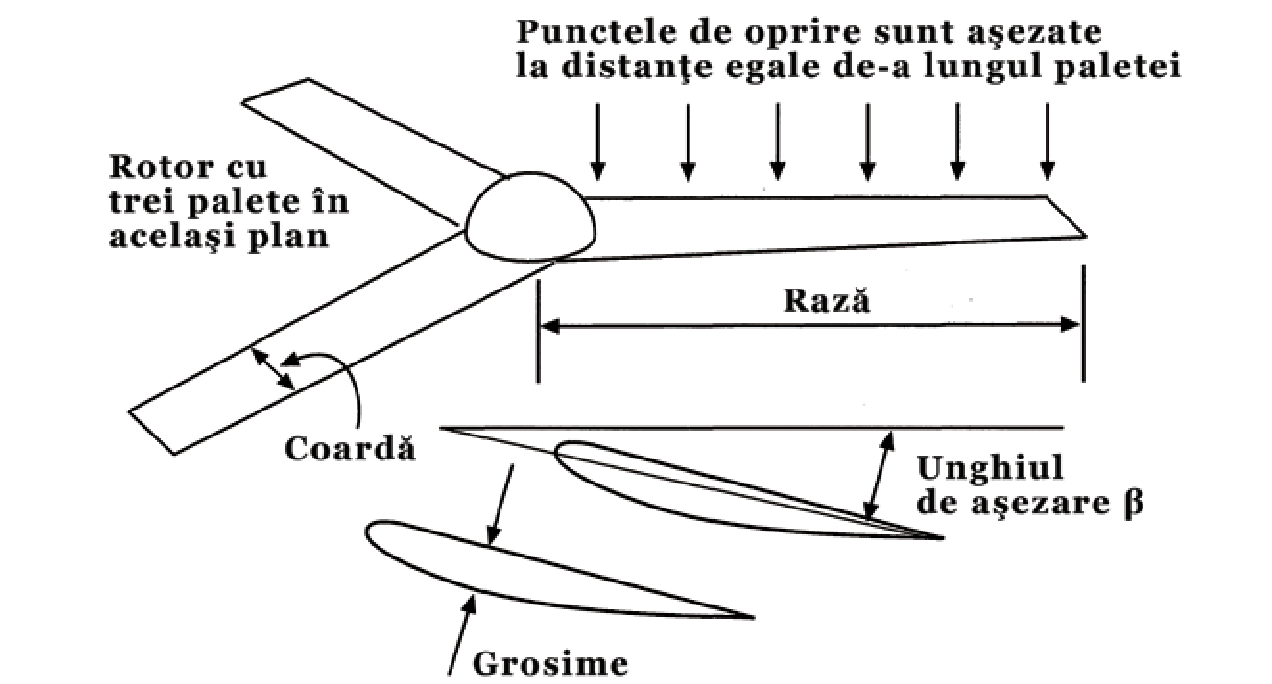


Fig. 3.10 Dimensiunile rotorului sunt specificate la punctele de oprire de-a lungul paletei. „Coarda" este adâncimea paletei.

Testele făcute în tunelul aerodinamic arată că raportul dintre tracţiune şi portanţă nu este un factor constant: el variază în funcţie de înclinarea secţiunii aripii.Cel mai bun raport este, de obicei, la un unghi de atac de 4 grade.

Aceste date din tabelul 3.2 sunt interesante deoarece arată că nu este o variaţie mare în portanţă între aceste forme diferite, dar variaţia e mare în raportul dintre tracţiune şi portanţă. Formele raţionalizate, ca secţiunea NACA, au mult mai puţină tracţiune decât formele neprelucrate (brute). Poziţia ţevii pe spatele paletei face ca cea de-a patra formă să fie deosebit de rea.

Proiectul paletei

Proiectând o paletă, noi îi specificăm forma la fiecare din seriile de „puncte de oprire" de-a lungul lungimii sale (Fig.3.9).

La fiecare punct de oprire sunt date aceste date:

- raza
- unghiul de aşezare
- coarda
- grosimea

Raza

Aceasta este, la modul simplu, distanţa de la centrul rotorului până la punctul de oprire.

Tabelul 3.2 Datele pentru câteva secţiuni simple

Secțiune		**Raport tracțiune/ portanță**	**Unghi α**	**Coeficient de portanță C/L**
Placă plană		0,1	5 grade	0,8
Placă curbă (curbură 10%)		0,02	3 grade	1,25
Placă curbată cu țeavă pe partea concavă		0,03	4 grade	1,1
Placă curbată cu țeavă pe partea convexă		0,2	14 grade	1,25
Paletă NACA 4412		0,01	4 grade	0,8

O listă a secțiunilor care ar putea fi folosite, cu rapoartele lor tracțiune/portanță.

Unghiul de aşezare

Uneori menţionat ca „pas”, unghiul de aşezare (**β**) este unghiul dintre linia de coardă şi planul de rotaţie al rotorului motorului eolian. Iată procedura pentru a găsi unghiul optim:

1. Decideţi care e unghiul de atac care vreţi să opereze (de regulă, 4°) pentru un raport minim tracţiune/portanţă.
2. Găsiţi direcţia vântului relativ care loveşte marginea faţă a paletei la fiecare punct de oprire (fig. 3.10). Acesta va fi suma a două viteze: viteza vântului prin rotor şi viteza vântului din faţă, cauzată de rotaţia rotorului însuşi. Putem numi acesta unghiul de curgere Φ.
3. Unghiul de aşezare este diferenţa dintre unghiul de curgere şi unghiul de atac.

Unghiul de curgere (şi unghiul de aşezare, de asemenea) depinde de cât de departe vă deplasaţi de-a lungul palei (fig.3.11, pagina următoare). Aproape de bază, vântul vine aproape perpendicular pe rotor şi unghiul de aşezare trebuie să fie mare. Către extremitate, valoarea vântului din faţă este mai mare şi, astfel direcţia vântului relativ este rotită, iar unghiul de aşezare trebuie să fie mult mai mic. Tabelul 3.3 (pagina următoare) sugerează unghiuri de aşezare potrivite (în grade), pentru cinci puncte de oprire aşezate la distanţe egale şi patru posibile rapoarte de viteză la extremităţi.

Fig. 3.11 Reglarea unghiului de așezare

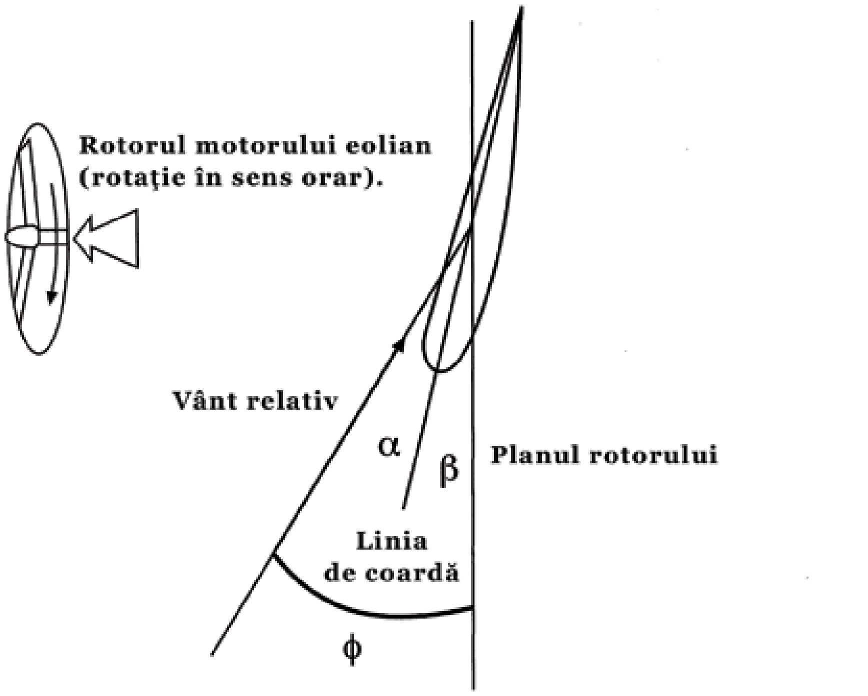


Fig. 3.11 Unghiul de așezare este reglat pentru cel mai bun unghi de atac

Tabelul 3.3 Reglajul unghiurilor

La o serie de puncte de oprire (se presupune că unghiul α=4°)
Reglajul unghiurilor pentru raportul vitezei extremității

Punct de oprire	4	6	8	10
1	36	25	19	14
2	19	11	8	5
3	11	6	4	2
4	8	4	2	1
5	5	2	1	0

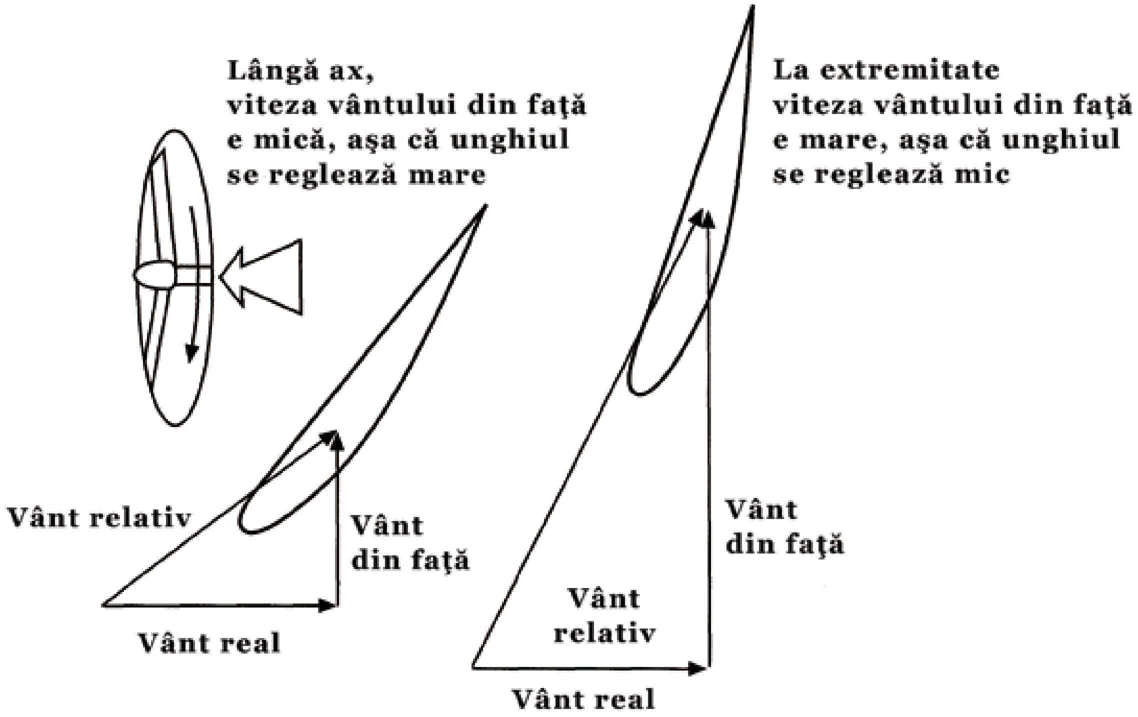
Lățimea paletei sau coarda

Următorul stadiu al procesului de proiectare a paletei este de a specifica lăţimea coardei la fiecare punct de oprire de-a lungul lungimii. Pentru a calcula coarda conform teoriei,

echivalăm forţa de împingere aerodinamică (din calculele portanţei) cu forţa cerută de schimbarea momentului a lui Betz (legile lui Newton) şi, eventual, ajungem la o formulă de lucru. Formula simplă din ecuaţiile energiei eoliene (la sfârşitul cărţii) lucrează fiabil pentru rotoarele de turaţie mare.

Tabelul 3.4 dă exemple de lăţimi de coardă pentru o selecţie a raportului vitezei extremităţii. În fiecare caz, numărul de palete „B" este deja ales şi lăţimea coardei este dată ca procent din diametru.

Fig. 3.12 Unghiul de curgere la centru și la extremitate



Palete nerăsucite

Lăţimea de coardă ideală (ca şi reglajul unghiular ideal) merge de la extreme până la centru. Totuşi, este doar o mică pierdere de performanţă dacă folosiţi o pală nerăsucită, simplă şi rectangulară (cu margini paralele). Aria vântului măturat de partea interioară a palei este relativ mică. Puteţi folosi unghiul şi coarda specificate pentru al patrulea punct de oprire la întreaga lungime a paletei. Într-o oarecare măsură, coarda îngustă şi reglajul plat al părţii interioare a paletei se compensează una pe alta.

Tabelul 3.4 Lățimea coardei ca procent din diametru

Raportul vitezei extremității:	4	6	8	10
Numărul de palete:	3	3	2	2
Punct de oprire 1	21.4	12.3	11.6	7.8
2	15.4	7.5	6.5	4.2
3	11.2	5.2	4.4	2.9
4	8.7	4.0	3.4	2.2
5	7.1	3.2	2.7	1.7

Lățimea coardei ca procentaj al diametrului rotorului. Coloanele arată opțiunile pentru raportul vitezei extremității și numărul de palete, ca cele ilustrate în fig. 3.13. Punctul de oprire 1 este lângă butuc, punctul de oprire 5 este la extremitate, astfel încât lățimea coardei este mai mică la extremitate.

De ce să ne obosim să facem palete răsucite, ascuţite? Iată aici trei motive bune:

- Eficienţa e uşor îmbunătăţită.
- Paletele ascuţite sunt mai rezistente. Solicitarea cea mai mare la îndoire este la rădăcina paletei, iar la paleta mai ascuţită este mai puţin probabil ca aceasta să se desprindă în cazul unor condiţii anevoioase de lucru, sau datorită oboselii, comparativ cu paleta dreaptă.
- Paletele ascuţite sunt mai bune la pornire. O rădăcină a paletei mai largă şi mai brută va fi puţin mai bună la torsiune. Fiecare lucru mic e de ajutor!

Grosimea paletei

Secţiunile subţiri au rapoarte tracţiune/portanţă mai bune, aşa că trebuie folosite acolo unde este posibil, pentru cele mai bune performanţe. Lângă rădăcina paletei, unde raportul vitezei e mic, raportul tracţiune/portanţă nu e aşa important, dar puterea este, astfel încât o secţiune mai groasă e mai potrivită.

Dacă aceeaşi secţiune este folosită pentru întreaga pală, atunci NACA 4415 (cu grosimea 15% din coardă) este un bun compromis.

Direcția opusă vântului, direcția vântului sau ax vertical

Este o mare varietate de orientări diferite ale rotorului pe care le puteţi folosi (Fig. 3.5). Cele mai multe motoare eoliene sunt cunoscute ca „turbine de vânt cu axe orizontale" sau

„HAWTs". Între HAWTs sunt varietăţi contra vântului şi direcţia vântului, depinzând de faptul dacă rotorul este în direcţia opusă, sau în direcţia vântului pe turn. Mai este un alt tip de turbine, cunoscut ca „turbine cu ax vertical" sau „VAWTs".

Fig. 3.13 Formele paletelor

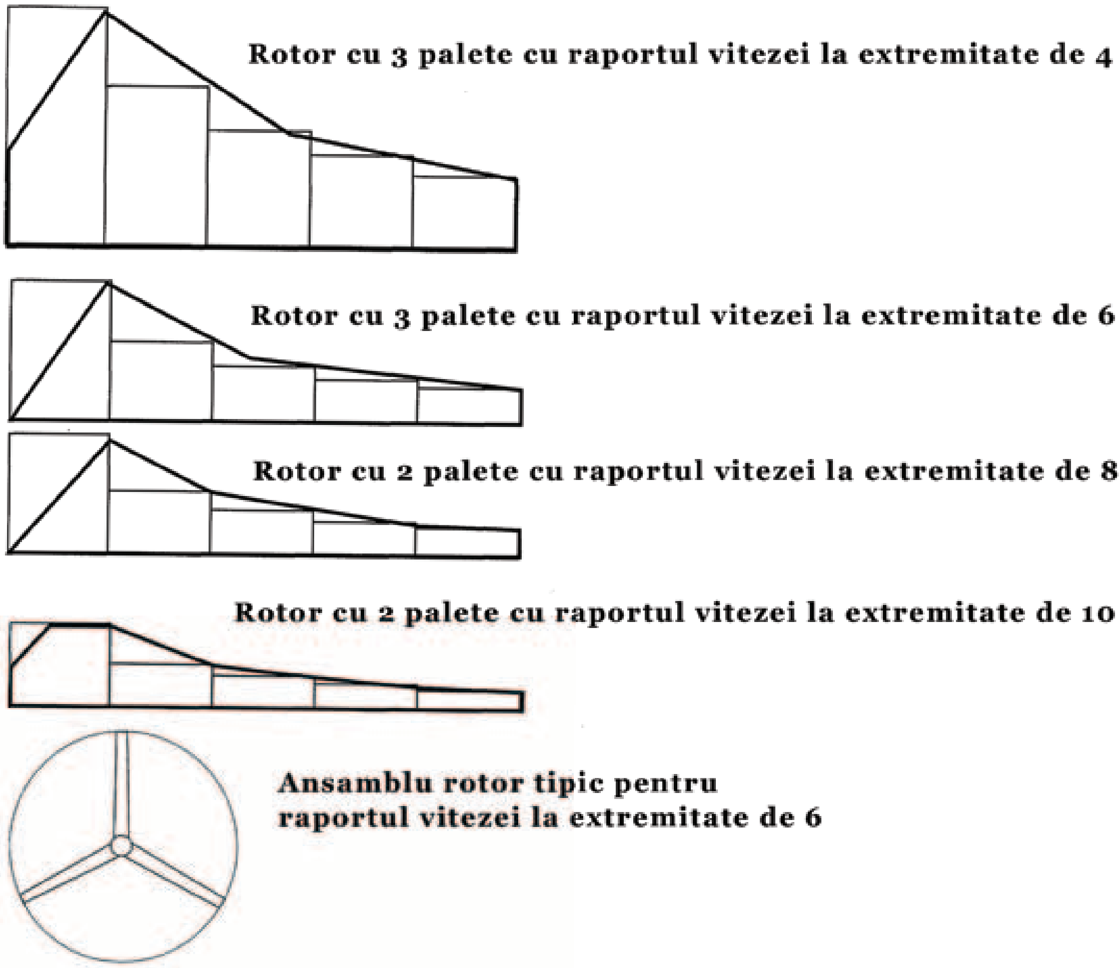


Fig. 3.13 Aceste forme sunt pentru lăţimi de coardă din tabelul anterior

Rotoarele în direcţia vântului sunt deseori „con independent" (Fig. 3.14), însemnând că paletele sunt montate pe balamale sau sunt flexibile. Forţa de împingere a vântului le aruncă în direcţia vântului, dar forţa centrifugă le aruncă în exterior. Paletele admit o conicitate particulară care depinde de tăria vântului şi de viteza rotorului. Scopul acestei „libertăţi" este de a îndepărta solicitările la îndoire de la rădăcina paletei. Fiind în direcţia vântului turnului, rotorul trece prin urma turnului, astfel încât paletele pierd cea mai mare parte a forţei de împingere a vântului la o rotaţie. Această clătinare continuă poate duce la desprinderea bruscă a paletelor din butuc.

Fig. 3.14 Motor eolian în direcţia vântului

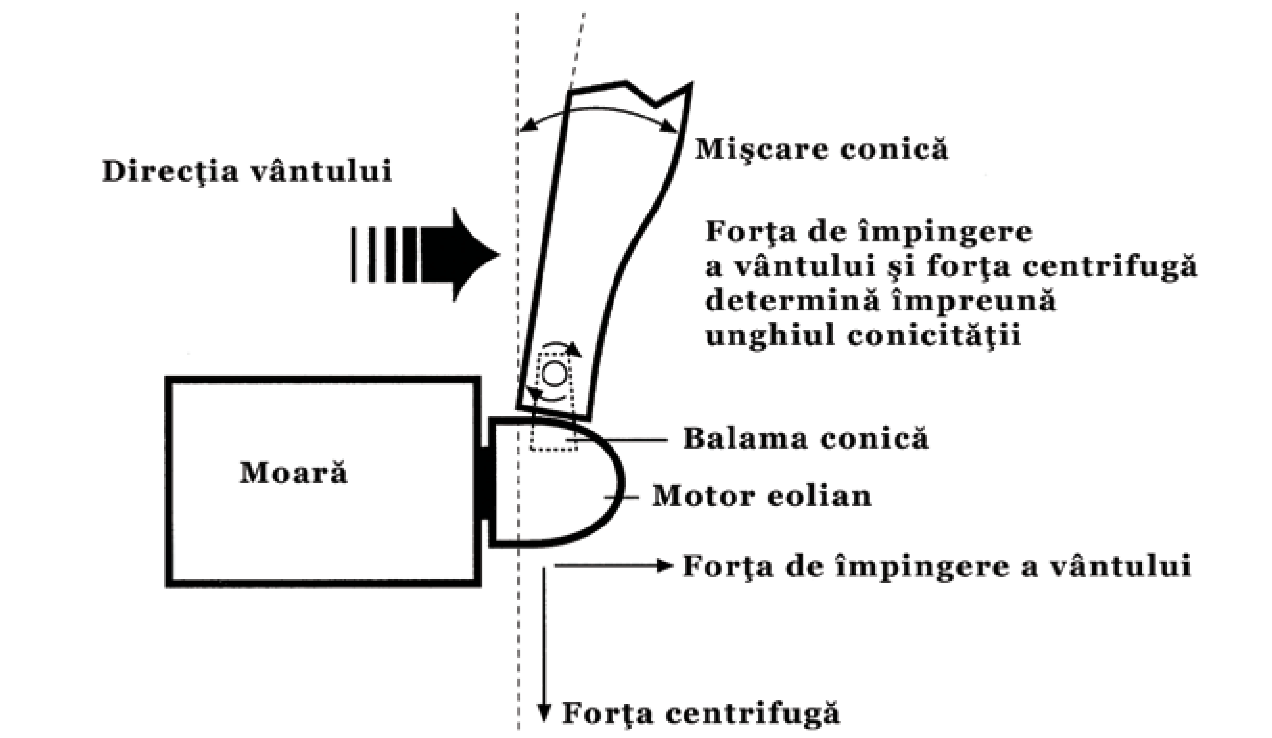


Fig. 3.14 Acest proiect are balamale conice pe palete.

Balamalele conice sunt folosite, de asemenea, la rotoarele cu o singură paletă, împreună cu o contragreutate. Libertatea conică nu e o idee aşa de bună pentru rotoarele din direcţia opusă vântului, deoarece rafale neaşteptate le pot împinge în turn.

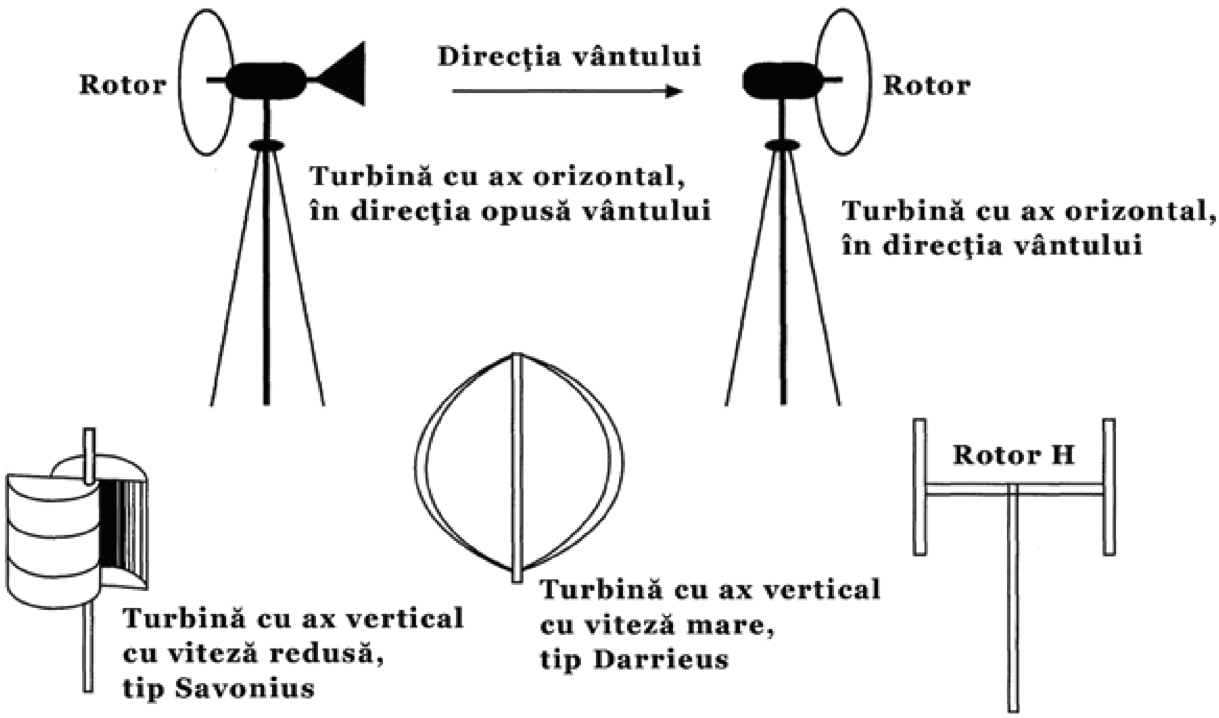
Un alt avantaj care este revendicat la rotoarele din direcţia vântului este că pot fi cu „giraţie liberă”. Nu este uşor să se pună o coadă pe aceste maşini, nici necesar, dacă totul este bine. În anumite condiţii ale raportului vitezei la extremitate, totuşi, un motor eolian în direcţia vântului poate schimba funcţionarea în direcţia opusă vantului. Aceasta este foarte dificil de explicat, dar impresionant de urmărit, atunci când se întâmplă.

Maşini cu ax vertical

Deja am privit în acest capitol o maşină de vânt cu ax vertical: maşina cu tracţiune preluată de la boi. Un proiect similar este folosit pentru anemometre (instrumente care măsoară viteza vântului), din cauza raportului foarte constant al vitezei. Ca iniţiator de mişcare nu este competitiv, din cauză că este foarte ineficient şi lent.

Savonius, sau tipul de rotor S al turbinei cu ax vertical (Fig. 3.15), este foarte popular printre adepţii acestui tip de turbină. Are un moment de torsiune de pornire mare şi este excelent pentru a învârti firme, rotoare de ventilatoare etc, dar are o eficinţă scăzută şi este mai curând lent pentru producţia de electricitate. Coeficientul maxim de putere Cp pentru rotorul Savonius este de circa 0,15, în timp ce turbinele cu ax orizontal depăşesc de obicei 0,3.

Fig. 3.15 Orientări diferite ale rotorului



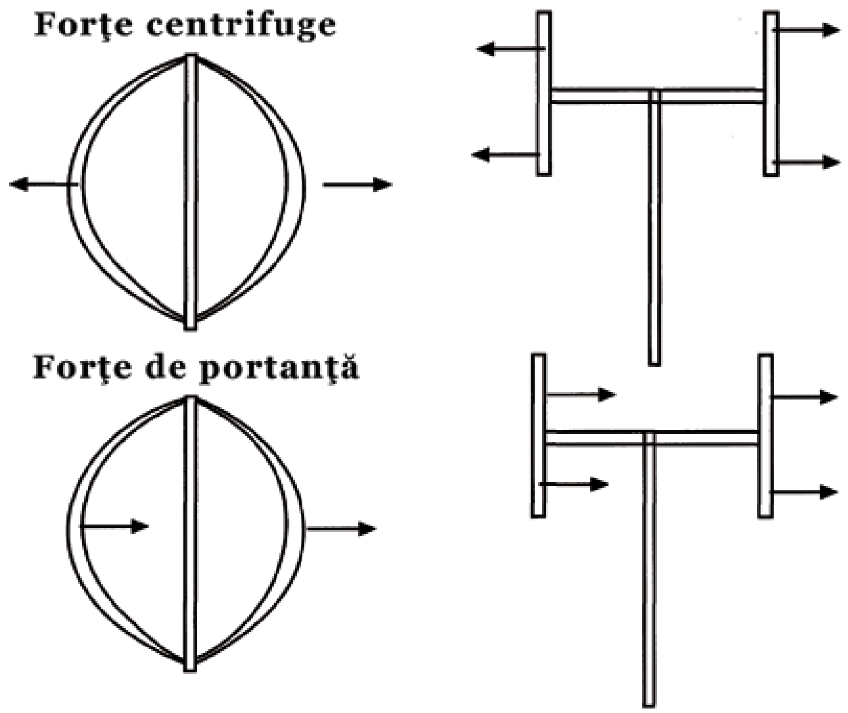
Sunt şi printre maşinile cu ax vertical tipuri mai rapide şi mai eficiente, la fel ca cele cu portanţă. Aceste motoare eoliene lucrează în principal pe portanţă, la fel ca turbinele cu ax orizontal, mai degrabă decât pe tracţiune. Turbinele cu ax vertical care se bazează pe forţele de portanţă, ca aceasta, operează cu un raport scăzut tracţiune/portanţă. Pentru a realiza acest raport, unghiul de atac trebuie să fie mic. Rotorul trebuie să se învârtă repede, astfel că vântul puternic din faţă ţine unghiul de atac sub punctul de oprire. Aceasta înseamnă un raport înalt al vitezei la extremitate. Acest raport înalt impune un număr mic de palete înguste (rezistenţă scăzută).

Solicitările la oboseală la turbinele cu ax vertical, de mare viteză

Secţiunile înguste, verticale, prin paletele turbinelor cu ax vertical rapide, sunt subiectul efectului de îndoire al acţiunii forţelor centrifuge şi de portanţă, amândouă acţionând în plan orizontal (Fig. 3.16).

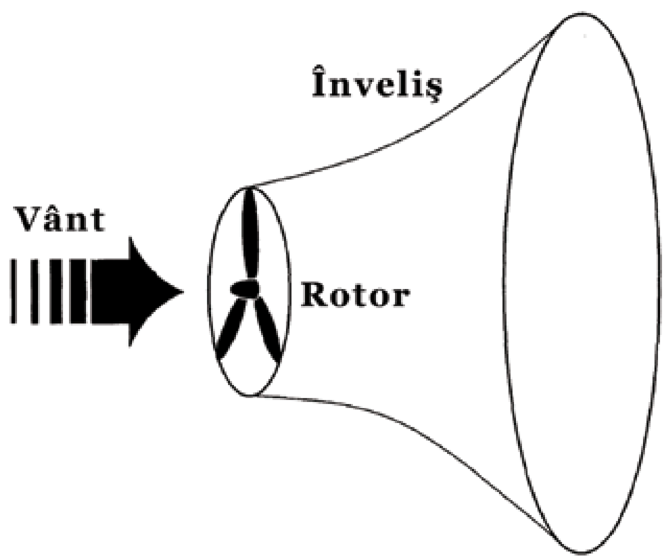
Rotorul „H” suferă de la efectul de îndoire al ambelor forţe pe paletele verticale. La rotorul Darrieus, sau „bătătorul de ouă”, efectul de îndoire al forţei centrifuge este contracarat de curbarea paletelor în forma de catene (lanţ atârnând între prinderi, şir de curburi). Este aceeaşi formă cu a unei frânghii prinsă la capete şi acţionată centrifugal, forţa centrifugă creează doar tensiuni, fără îndoire. Forţa de portanţă împinge totuşi paletele spre şi dinspre orizontală. Ele produc încărcări ciclice grele pe palete care, în mod consecvent, au reputaţia de a produce ruperile la oboseală.

Fig. 3.16 Forţele pe turbinele cu ax vertical



Turbinele cu ax orizontal au paletele supuse la forţe de portanţă orizontale puternice, care le sunt avariate mai puţin deoarece sunt stabile şi nu reversibile tot timpul. Turbinele cu ax orizontal foarte mari pot avea probleme datorită reversibilităţii forţelor de gravitaţie, dar aceasta nu pare a fi o dificultate pentru cititorii acestei cărţi!

Fig. 3.17 Rotorul protejat



Rotoarele protejate

Este posibil să se monteze un înveliş la rotorul unui motor eolian (Fig. 3.17), care va trimite vântul la rotor ca printr-o pâlnie. Aceasta aduce avantaje mari, deoarece rezultă viteze mari ale vântului prin rotor, rezultând mai multă putere şi o turaţie mai mare. Pe hârtie aceasta pare a fi o idee bună, evident. În practică, construcţia unui înveliş potrivit, care nu va fi distrus de vânt, este o adevărată provocare. Rotoarele cu înveliş sunt introduse câteodată în proiectele clădirilor. Acolo unde este un grad înalt de expunere, ca la blocurile turn sau faruri şi unde pereţii pot fi modelaţi astfel încât să accelereze vântul predominant prin deschideri, ideea este o speranţă. Pe de altă parte, un înveliş construit în mod intenţionat, este posibil să fie scump, urât şi vulnerabil la furtuni.

Concluzie

Opţiunile pentru configuraţiile unui rotor ingenios sunt limitate numai de extinderea nebuniei umane şi ele au fost toate încercate! A face motoare eoliene e destul de anevoios şi fără a adăuga obstacole noi, aşa că vă sfătuiesc să folosiţi cel mai reuşit proiect, turbine cu ax orizontal, în trei palete, cu vânt din direcţia opusă, cu un raport al vitezei la extremitate în jur de şase. Acesta este tipul de rotor la care ne vom uita în capitolul patru.



PATRU
CONSTRUIREA PALELOR ELICEI

Acest capitol explică cum să realizaţi palele rotorului. Dar, înainte de a începe, asiguraţi-vă că viteza proiectată a rotorului este cea corectă pentru viteza de operare a generatorului dvs. Tabelul 1.3 vă va ajuta să alegeţi un diametru potrivit pentru a produce energia cerută. Alegeţi un raport al vitezei periferice (TSR) în conformitate cu viteza pe care o doriţi pentru generatorul dvs şi alte priorităţi de proiectare. Tabelele 3.3 şi 3.4 va dau detalii despre formele rotoarelor cu diverse viteze periferice. Sau puteţi aşterne o foaie de calcul folosind ecuaţiile de la sfârşitul acestei cărţi şi să va proiectaţi propriile pale.

Avertisment

Palele sunt cele mai solicitate componente ale unei turbine eoliene. Dacă o pală se rupe (aşa cum se întâmplă la majoritatea tipurilor de eoliene), aceasta poate zbura la distanţă şi poate provoca daune grave sau chiar răniri. Dacă vă propuneţi să vă plasaţi turbina eoliană la o distanţă mai mică de 100m de orice zona publică, drum sau clădiri locuite, atunci trebuie în primul rând să vă asiguraţi că palele sunt suficient de puternice. Forţele giroscopice reprezintă cea mai mare ameninţare pentru rotoarele turbinelor de mici dimensiuni, amplasate în zone de turbulenţă. Un rotor rapid, deviind în încercarea de a face faţă vântului, va avea momente giroscopice care, alternativ, vor îndoi palele înainte şi înapoi, o dată pe revoluţie. În cazul în care palele nu sunt foarte bine fixate, acestea se vor desprinde.

Greutatea palelor elicei

Un rotor greu va fi mai dificil de pornit decât unul uşor, dar odată ce porneşte, este puţin probabil să se oprească. De fapt, inerţia unei pale mai grele nu consumă putere, dar poate afecta capacitatea de a porni în timpul rafalelor scurte de vânt de intensitate peste medie. Palele mai grele suferă de forţe centrifuge şi giroscopice mai mari şi astfel nu obţineţi niciun avantaj din a le face mai grele. Raportul putere-greutate este cel mai important lucru. Pentru solicitare minimă, o pală trebuie să fie uşoară la vârf şi puternică spre bază.

Materiale de construcţie pentru elice

Lemnul este probabil cea mai bună alegere pentru construcţia palelor unei elice eoliene, pentru că este uşor, puternic, prelucrabil şi are o rezistenţă bună la oboseală. Metalul (mai ales aluminiul) este predispus oboselii. Oţelul este greu. Plasticul este potrivit pentru construirea palelor, mai precis răşina poliesterică armată cu fibră de sticlă este materialul cel mai folosit. Dar veţi avea nevoie de o matriţă la a cărei construcţie veţi munci la fel de mult ca la construcţia unei pale din lemn. Foaia groasă de plastic poate fi înfăşurată în jurul unui lonjeron central pentru a produce o secţiune acceptabilă. Acest capitol se concentrează pe realizarea palelor din lemn solid. Lemnul de esenţă moale, cu greutate mică, este materialul cel mai potrivit. Selectaţi, pe cât posibil, lemn cu granulaţie mică şi fără noduri. Încercaţi să tăiaţi astfel încât să lăsaţi la margini zonele noduroase. Evitaţi „alburnul" pentru că are o densitate diferită de cea a „duramenului" (inima trunchiului de copac). Alburnul, stratul exterior al trunchiului de copac, este, din păcate, de cele mai multe ori, partea cea mai lipsită de noduri. Puteţi să o recunoaşteţi după culoarea mai deschisă decât a duramenului. Dacă doar o singură pală conţine alburn, atunci va fi dificil ca rotorul să fie în echilibru. De asemenea, lonjeronul va tinde să se deplaseze spre exterior datorită forţei centrifuge, cauzând probleme de echilibru şi stricând suprafaţă vopsită. Lemnul pentru elice trebuie să fie bine uscat. Pinul de Oregon este ideal, dar costisitor. Stranele vechi din biserici pot fi o bună sursă la mâna a două. Producătorii din Statele Unite folosesc Bass, dar acestea nu se pot găsi cu uşurinţă în Marea Britanie. Există câteva specii de lemn de esenţă tare în pădurile tropicale (de exemplu Meranti), cu densitate mică şi o textura minunată, dar acestea nu pot fi toate produse prin metode sustenabile; va trebui să verificaţi cu furnizorul dvs.

Unii oameni obtează pentru folosirea lemnului laminat în construcţia palelor. Este ceva de spus cu privire la lipirea pieselor cap la cap, mai ales atunci când calitatea lemnului de construcţie este slabă, pentru că defectele vor fi mai puţin critice în acest fel. Majoritatea fibrelor trebuie să fie de-a lungul palei, deoarece toată sarcina este distribuită în acest fel. Folosiţi lipici rezistent la apă şi de bună calitate, precum adezivul epoxidic. Învelişul de placaj poate fi folosit la construcţia palelor concave, pentru rotoare unde greutatea palelor din lemn solid reprezintă o problemă.

Cum se realizează un set de pale pentru rotor

Aici găsiţi descrierea detaliată, pas cu pas, a procesului de realizare a palelor pentru un rotor cu trei pale, având diametrul de 2.3m şi un raport al vitezei periferice (TSR) de aproximativ 5.5. Puteţi adapta această tehnică la orice raport al vitezei periferice, prin ajustarea dimensiunilor.

Unelte

Veţi avea nevoie de următoarele: un ferăstrău de mână (şi, opţional, un ferăstrău mecanic sau o pânză de ferăstrău), daltă de lemn (şi ciocan de lemn), rindea, răzuitoare (recomandată, dacă puteţi găsi una), şublere, compas, echer, ruletă de măsurat, riglă, creion, nivelă cu bulă de aer, burghiu. Păstraţi-vă uneltele foarte ascuţite folosind o piatră de ascuţit uneltele. Unghiul ascuţişului uneltelor este un punct critic. Începeţi întotdeauna cu honuirea uneltelor şi apoi continuaţi cu ascuţişul. Lucraţi cu băgare de seama la ascuţiş ca să nu devină bont (tocit). Încheiaţi prin debavurarea ascuţişului, folosind mişcări rapide, uşoare, longitudinale, sau folosind o curea de piele pentru ascuţit briciul, sau un lemn. Lucraţi mereu pe granulaţia lemnului pentru a preveni ruperea aşchiilor. Strângeţi piesa de prelucrat într-o menghină. Dacă unealta trepidează sau se blochează, încercaţi să culisaţi în lateral pe măsură ce tăiaţi. O mişcare de culisare ca aceastǎ vă oferă mai mult control.

Materiale

3 bucăți de lemn/150mm x 50mm, de 1150mm lungime

2 discuri de placaj, grosime de 12mm, 300mm in diametru, exterior sau grade marine.

Şuruburi de fixare care să se potrivească butucului elicei (bazei).

48 şuruburi galvanizate pentru lemn, mărimea 40 x 4mm, cu cap îngropat.

Tabelul 4.1 Sumarul dimensiunilor finite

Poziţie	Lăţime	„Reducere” (pasul 3)	Grosime
1	145	50	25
2	131	33	20
3	117	17	18
4	104	10	15
5	90	5	11

Dacă aveţi acces la o maşină de rindeluit, puteţi începe să treceţi cele trei bucăţi de lemn prin ea, să îndepărtaţi orice denivelare şi să îi daţi un finisaj neted. Nu vă temeţi dacă pierdeţi câţiva milimetri din dimensiunile totale, cu condiţia ca toate trei bucăţile să fie identice.

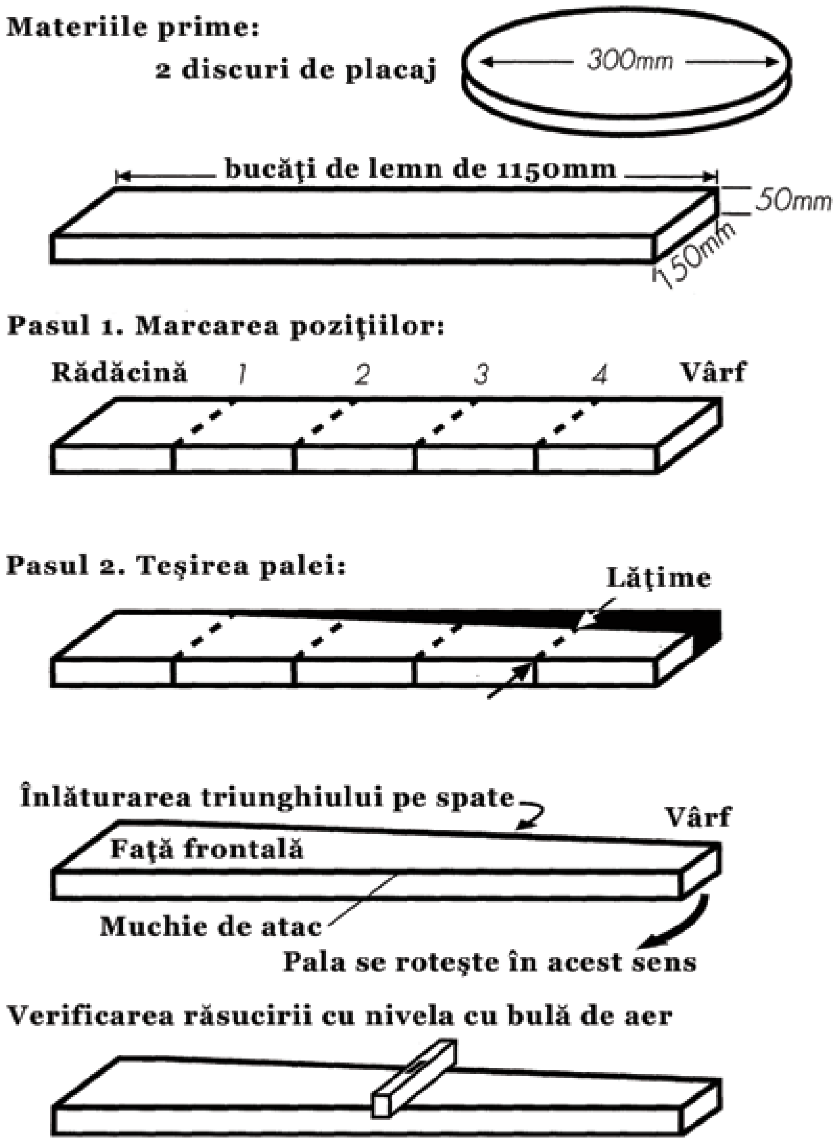
Pasul 1. Poziţia

Marcaţi poziţiile pe bucăţile de lemn (Fig. 4.1), egal, plasate la interval de 230mm. Trageţi o linie în jurul bucăţii de lemn, folosind un echer. Capătul din stânga este baza palei elicei, care va fi în centrul rotorului. A cincea poziţie este vârful.

Pasul 2. Teşirea palei

Măsuraţi lăţimea în milimetri (Tabelul 4.1) de la marginea cea mai apropiată de dvs. şi marcaţi-o prin puncte. Uniţi punctele cu o linie. Dacă există noduri în piesă de lemn, întoarceţi lemnul astfel încât acestea să rămână în bucata triunghiulară din spate, pe care o veţi îndepărta. Puteţi folosi o pânză de ferăstrău sau tăierea încrucişată a surplusului şi despicarea în secţiune, folosind o daltă. Faţetaţi neted, drept şi pătrat, noua suprafaţă tăiată. Încercaţi să vizualizaţi forma finită a palei (Fig. 4.1). Se mişcă vârful în sensul acelor de ceasornic, privind din direcţia opusă vântului, astfel încât muchia de atac să fie cea din apropierea dvs. Faţă frontală (sau pe direcţia vântului) este cea mai proeminentă acum. În această etapă ar trebui să fie perfect plată (nerăsucită). Dacă nu este, atunci întindeţi-o astfel încât să fie plană. Verificaţi răsucirea cu o nivelă cu bulă de aer aşezată pe piesă, la fiecare poziţie pe rând.

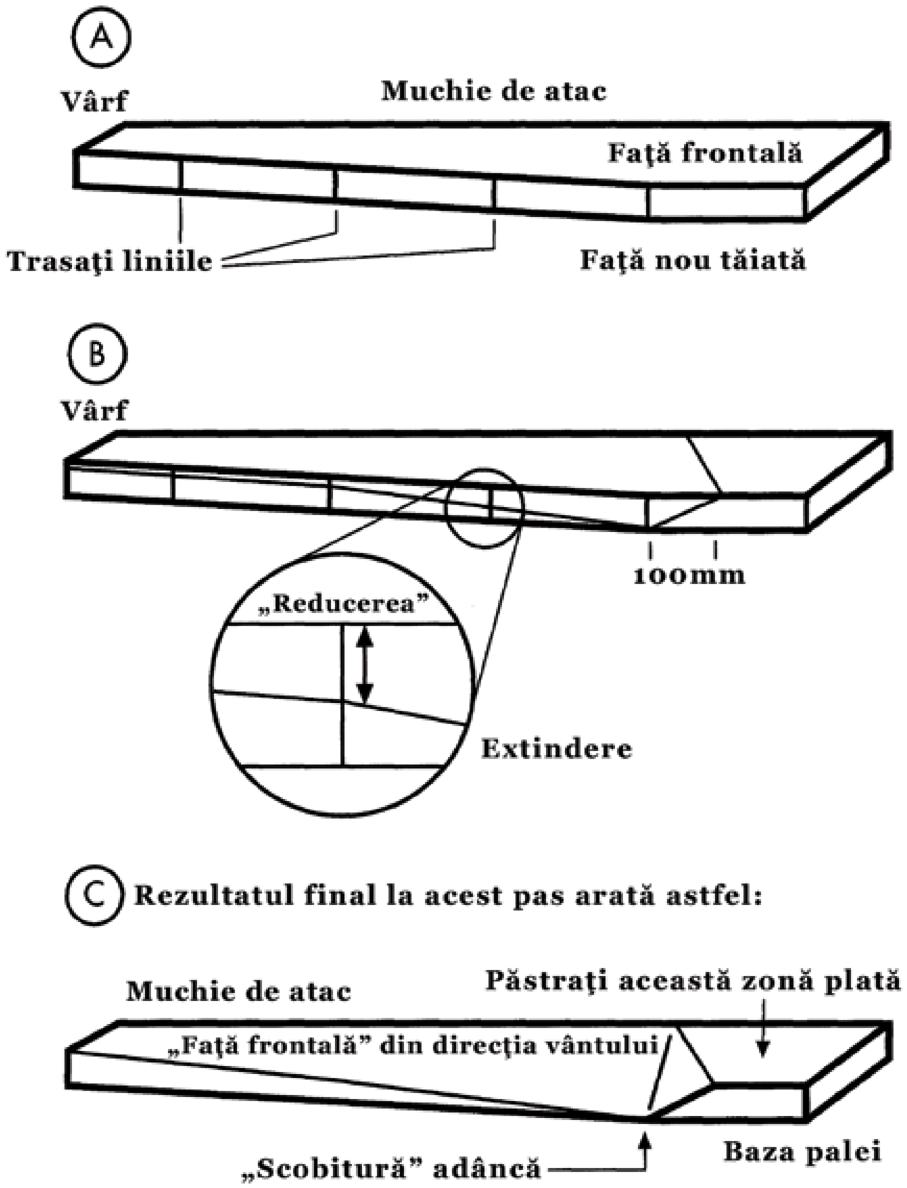
Fig. 4.1 Decuparea palelor



Pasul 3. Decuparea răsucirii

Următoarea imagine (Fig. 4.2) arată bucata de lemn întoarsă, astfel încât muchia de atac se află în spate şi vârful în partea stângă. La fiecare poziţie, desenaţi o linie verticală pe faţa nou tăiată, drept pe faţa frontală.

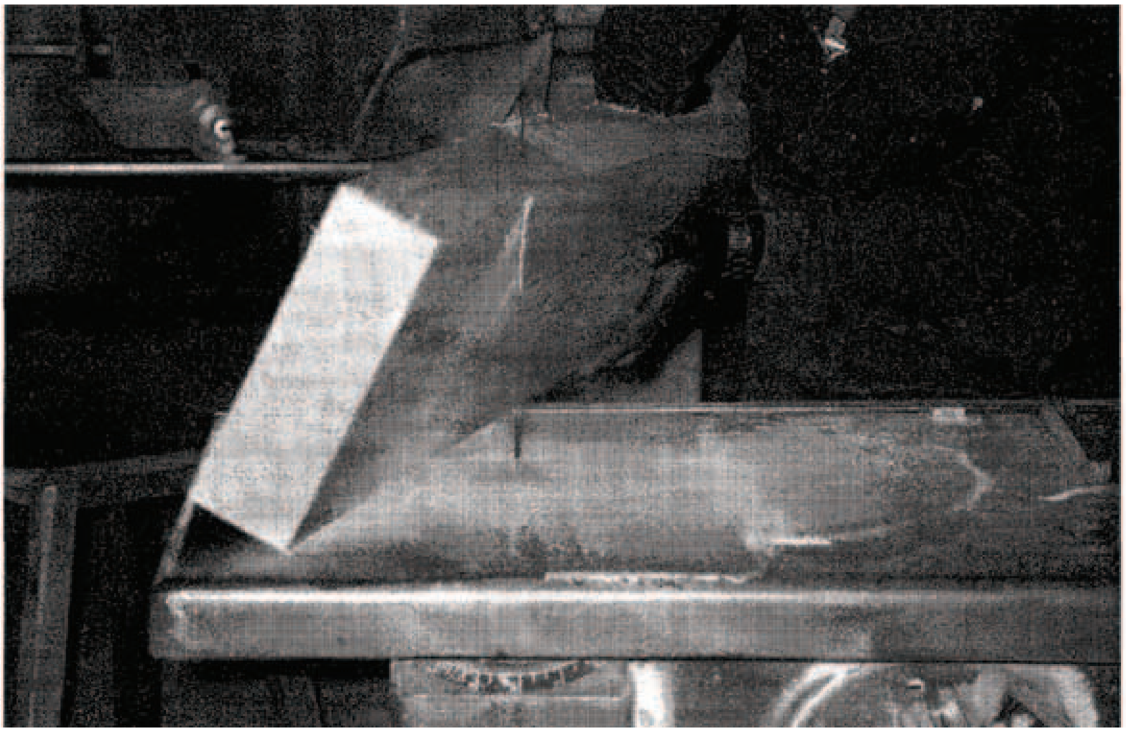
Fig. 4.2 Decuparea răsucirii



Marcaţi un punct pe fiecare linie, la o anumită distanţă în jos de la faţa frontală. Această distanţă se numeşte „reducere” (Tabelul 4.1). Aceasta determină unghiul de incidenţă la acea poziţie. Uniţi punctele pentru a trasa linia muchiei de scurgere a palei. Eliminaţi tot lemnul

de deasupra muchiei de scurgere (linia în creion). Faţa de pe direcţia vântului trebuie să fie atât de plată încât, atunci când puneţi muchia unei rigle de-a lungul unei pale, între muchia de atac şi muchia de scurgere, aceasta nu se va mişca. La bază, linia în creion trebuie să urce până la faţa netăiată, într-o pantă, pe o lungime de 100mm. Baza trebuie lăsată netăiată pentru asamblarea între discurile butucului. (Notă: cu pale mai late, este mai uşor de folosit o pânză de ferăstrău pentru a înlătura mai mult din această „scobitură” adâncă lângă bază – vedeţi poza de mai jos).

Realizarea palelor rotorului



Pasul 4. Definirea grosimii

Acum aveţi o bucată de lemn uşor conică, cu o faţă răsucită scobită „frontal”. Următorul pas este acela de a îndepărta lemnul de pe partea din spate a piesei, astfel încât să aveţi grosimea corectă la fiecare poziţie (vedeţi tabelul 4.1).

Aşezaţi bucata de lemn cu muchia de atac cel mai sus. La fiecare poziţie, trasaţi un semn la distanţa (grosimea) corectă faţă de muchia de atac. Uniţi punctele cu o linie. Întoarceţi-o pe cealaltă parte şi faceţi la fel cu muchia de scurgere. Acum aveţi două linii (Fig. 4.3) care să vă ghideze în înlăturarea surplusului de lemn. Susţineţi piesa astfel încât partea frontală să fie dedesubt şi îndepărtaţi surplusul de material până când ajungeţi cât mai aproape de liniile trasate. Când ajungeţi aproape, este necesar să folosiţi şublerul (Fig. 4.4) pentru a verifica grosimea efectivă de la fiecare poziţie. Măsuraţi câţi milimetri mai aveţi de înlăturat, notaţi cu creionul pe piesa în lucru, la fiecare poziţie şi continuaţi rindeluitul piesei până când grosimea este corectată într-o marjă de 0.5mm.

Fig. 4.3 Definirea grosimii

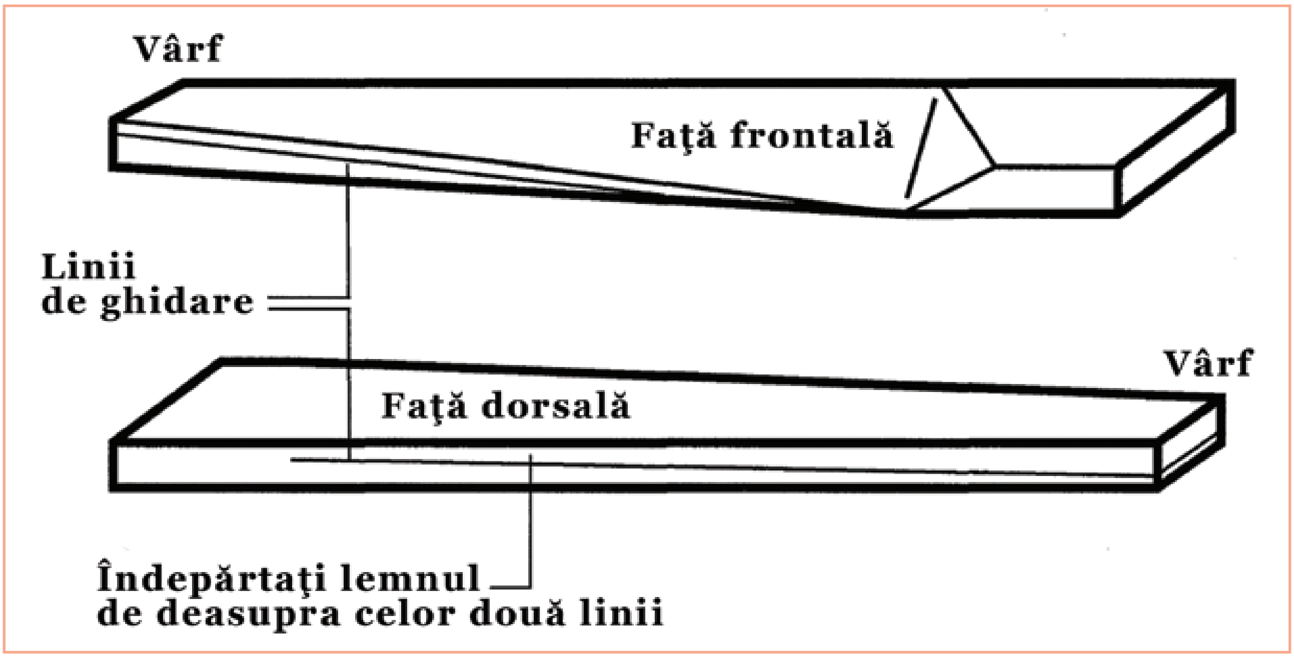
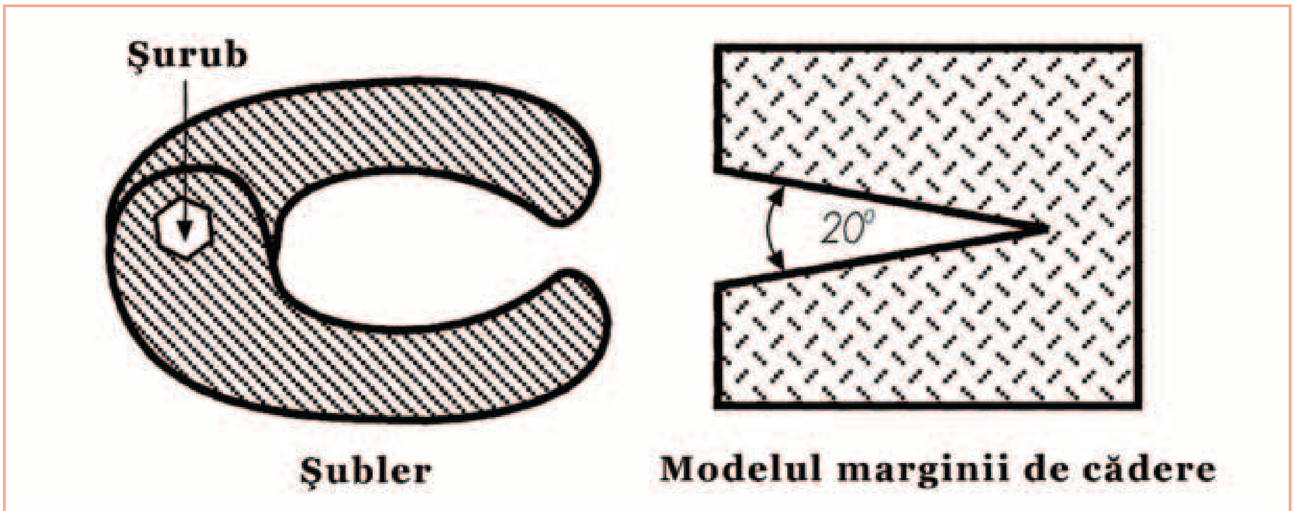


Fig. 4.4 Două unelte pe care vi le puteţi confecţiona singur

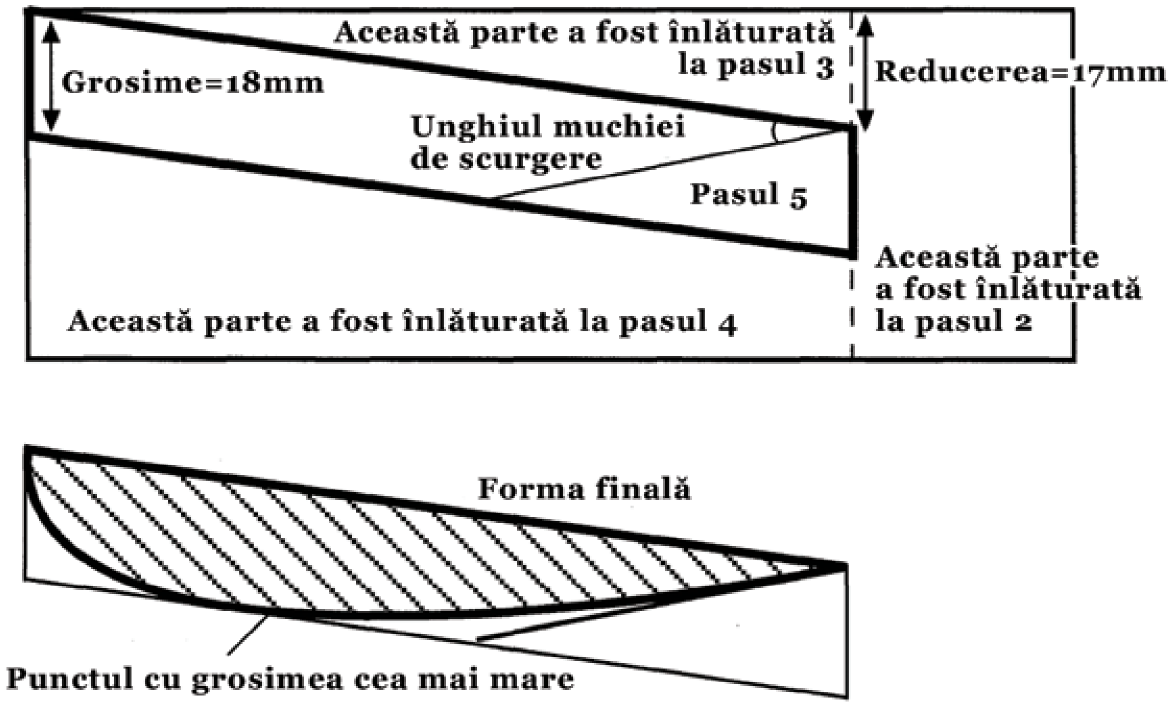


(Notă: Dacă nu aveţi un şubler, este uşor să vă faceţi o pereche [Fig. 4.4] folosind două bucăţi de folie de aluminiu sau chiar de placaj, prinse între ele cu un şurub.) La bază, asiguraţi-vă că lăsaţi o porţiune neatinsă (aşa cum aţi făcut şi cu faţă frontală) pentru prinderea între discurile butucului.

Pasul 5. Netezirea secţiunii

Ar trebui să aveţi acum o pală răsucită, conică, de grosimea corectă. Secţiunea transversală este sub formă de paralelogram (arătat clar în fig. 4.5), care nu este foarte aerodinamică. Ultima etapă a realizării palei dvs. este aceea de a-i da o „secţiune" de aripă aerodinamică. Începeţi prin a debavura muchia de scurgere. Degroşaţi lemnul de pe spate (nu de pe faţa de pe direcţia vântului), până când obţineţi o muchie ascuţită, mai puţin de 1mm lăţime, teşită sub un unghi de 20°, după cum s-a arătat. Aşezaţi-vă lumina de lucru aproape de muchia de scurgere astfel încât să va fie uşor să vedeţi cât de lată este. Muchia finisată ar trebui să fie sub 1mm lăţime.

Fig. 4.5 Secţiunea transversală a unei pale



Notă: V-ar putea fi de ajutor un şablon de unghi (Fig. 4.4), pe care să îl puneţi peste muchia de scurgere, pentru a verifica dacă aţi făcut-o bine şi să o ajustaţi în consecinţă. Din nou vă reamintim, acesta poate fi făcut din placaj sau folie de aluminiu. În cele din urmă, secţiunea trebuie rotunjită astfel încă să capete „formă de aripă". Aveţi grijă să nu reduceţi din grosimea per ansamblu. Cea mai groasă parte trebuie să fie în jur de 35% din lăţimea din spatele muchiei de atac. Trasaţi o linie pe spatele palei, în punctul cel mai gros şi încercaţi să nu tăiaţi această linie.

Rotunjiţi spatele palei prin înlăturarea continuă a colţurilor, trecându-vă degetele peste suprafaţa părţii din spate a palei, sau privind modul în care cade umbra pe lemn. Dacă trebuie, folosiţi hârtie abrazivă, dar o rindea foarte bine ascuţită este extraordinar de uşor de folosit.

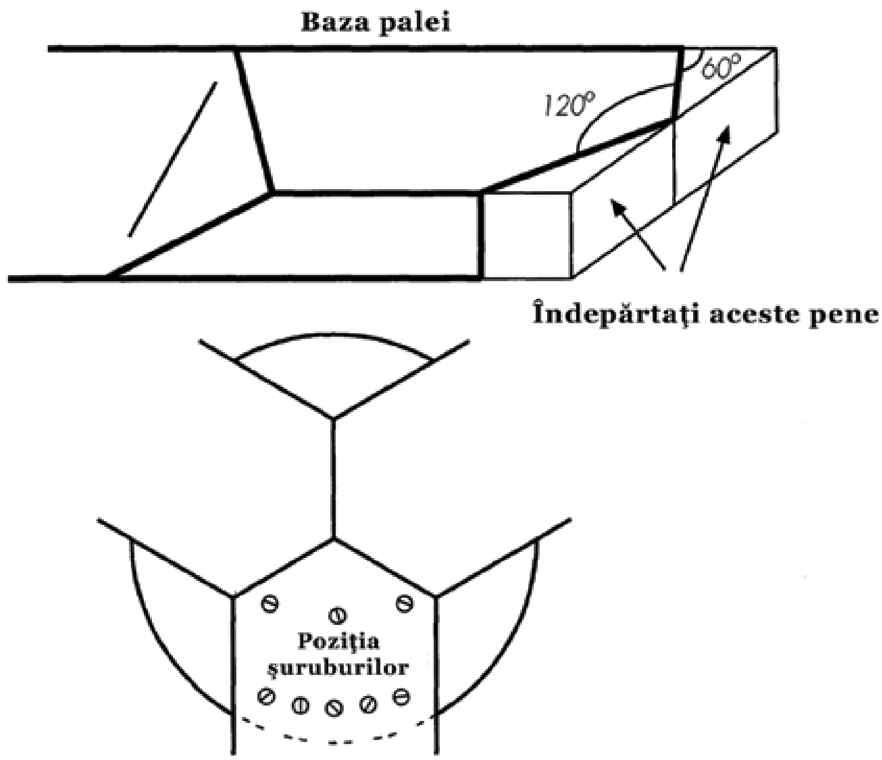
Pasul 6. Asamblarea palelor rotorului

Asiguraţi-vă că grosimea este aceeaşi la toate palele rotorului. Reduceţi-le pe cele mai groase dacă este nevoie. Grosimea exactă nu are mare importanţă, atâta vreme cât toate sunt la fel.

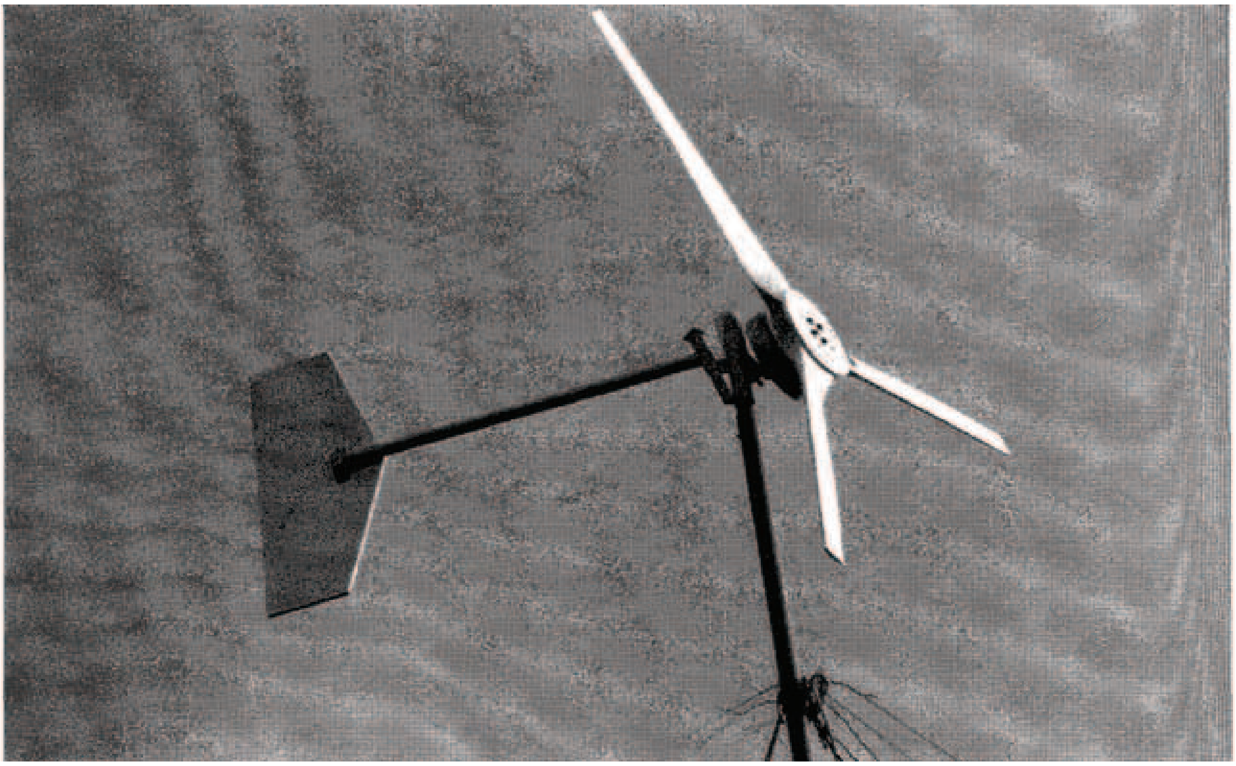
Baza fiecărei pale trebuie tăiată într-un punct (Fig. 4.6) pentru a se potrivi cu uşurinţă în butuc. Măsuraţi cu exactitate centrul bazei fiecărei pale şi trasaţi linii la muchii, sub un unghi de 60° la fiecare muchie. Marcaţi-le pe faţă şi pe spate şi apoi tăiaţi de-a lungul liniilor. Palele pot fi acum asamblate astfel încât toate cele trei baze să se potrivească. Ele vor fi susţinute în această poziţie prin două discuri de placaj, câte unul pe fiecare parte. Faceţi un semn cu creionul pe fiecare pală, 152mm de la bază (pe faţă şi pe verso), pentru a vă ajută la centrarea discurilor de placaj.

Găuriţi şi teşiţi găurile pentru şuruburile din fiecare disc (Fig. 4.6). Sugerăm să folosiţi câte 8 şuruburi pentru fiecare pală. Ele nu trebuie să obstrucţioneze găurile pe care va trebui să le daţi pentru ancorarea rotorului de turbină eoliană. Verificaţi ca palele să fie echidistante. Cel mai uşor mod de a asigura un unghi de 120° între pale îl reprezintă măsurarea distanţei de la vârf la vârf şi ajustarea palelor până când devin echidistante. De asemenea, verificaţi ca vârfurile palelor să fie toate la aceeaşi înălţime deasupra suportului pe care stă placajul. Aceasta vă asigură că palele „rulează” adecvat.

Fig. 4.6 Asamblarea butucului elicei



Finalizarea rotorului



Un rotor cu un diametru de 2.3m așa cum este descris în instrucțiuni.

Dacă palele nu rulează într-o marjă de 5mm, va apărea un dezechilibru „dinamic". Realizarea găurilor pentru ancorare se face cel mai bine folosind o maşină de găurit.

În orice caz, aveţi grijă să faceţi găuri care să se potrivească exact la rotor. În timp ce dezasamblaţi butucul pentru vopsire, aveţi grijă să marcaţi fiecare pală, pentru a fi mai uşor la reasamblare. Folosiţi un burghiu pentru a face un număr de adâncituri la suprafaţă fiecărei pale (una, două sau niciuna) şi marcaţi discurile care se potrivesc.

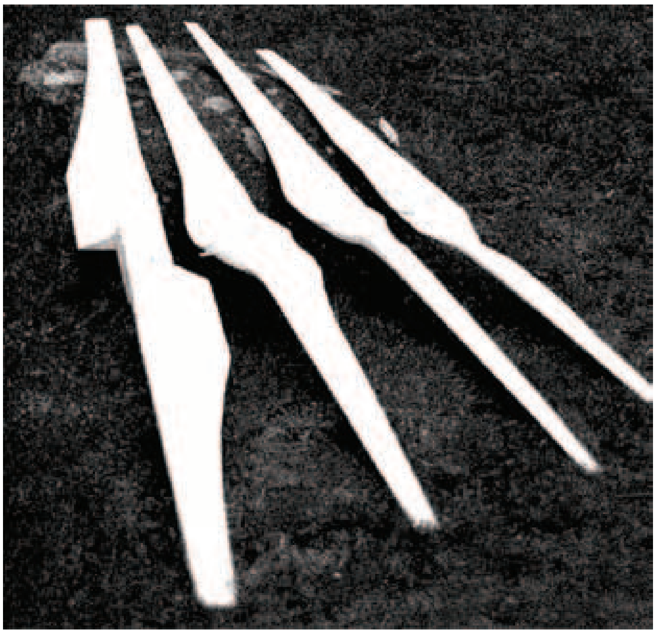
Idei suplimentare despre construirea palelor din lemn

Procedura de mai sus nu acoperă toate formele şi dimensiunile palelor. Iată câteva sugestii:

Rotoarele cu două pale pot fi construite dintr-o singură piesă de lemn (Fig. 4.7). Acestea economisesc timpul cu construcţia butucului. Sunt simple şi puternice.

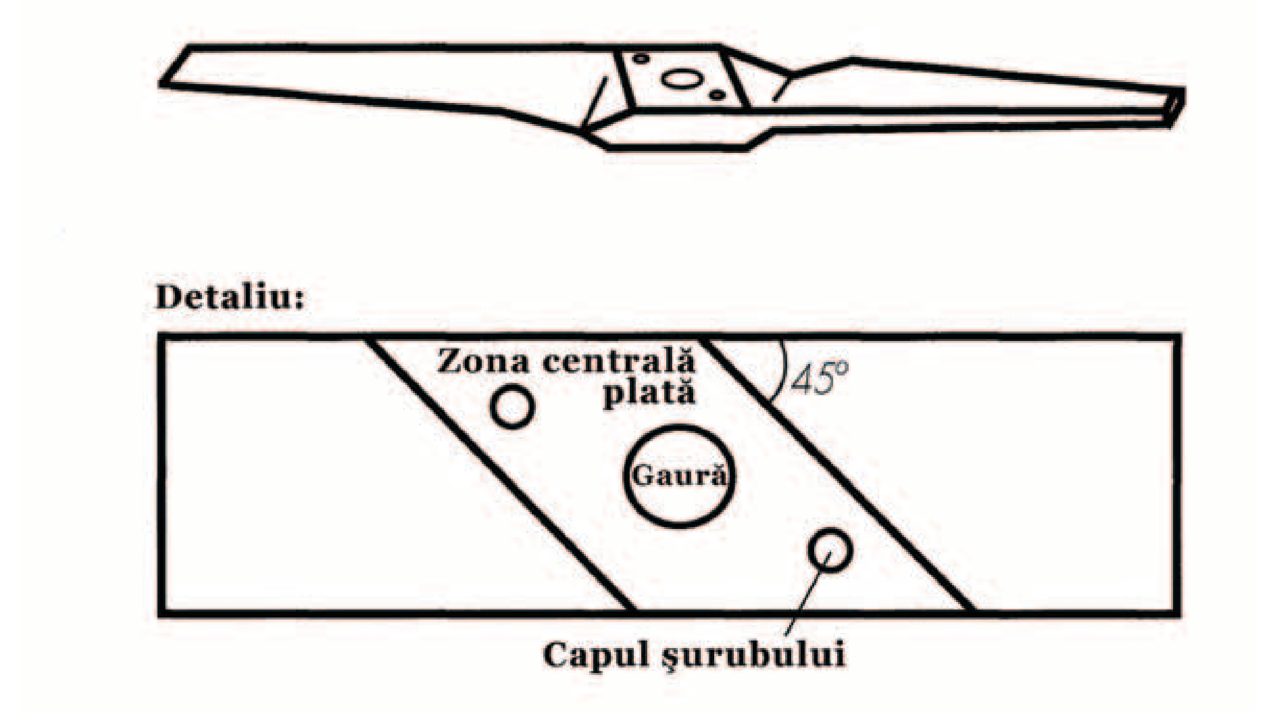
Partea centrală a piesei de lemn poate fi lăsată întreagă. Ancoraţi rotorul la generatorul de tracţiune, apoi faceţi o gaură mare prin centrul rotorului astfel încât să aibă loc o cheie tubulară, pe care o veţi folosi atunci când potriviţi roata de transmisie la ax. Pentru a preveni desfacerea, bucşa axului trebuie blocată cu un filet de etanşare.

Rotoare cu două pale



Aceleaşi rotoare cu două pale realizate din lemn.

Fig. 4.7 Rotoare cu două pale

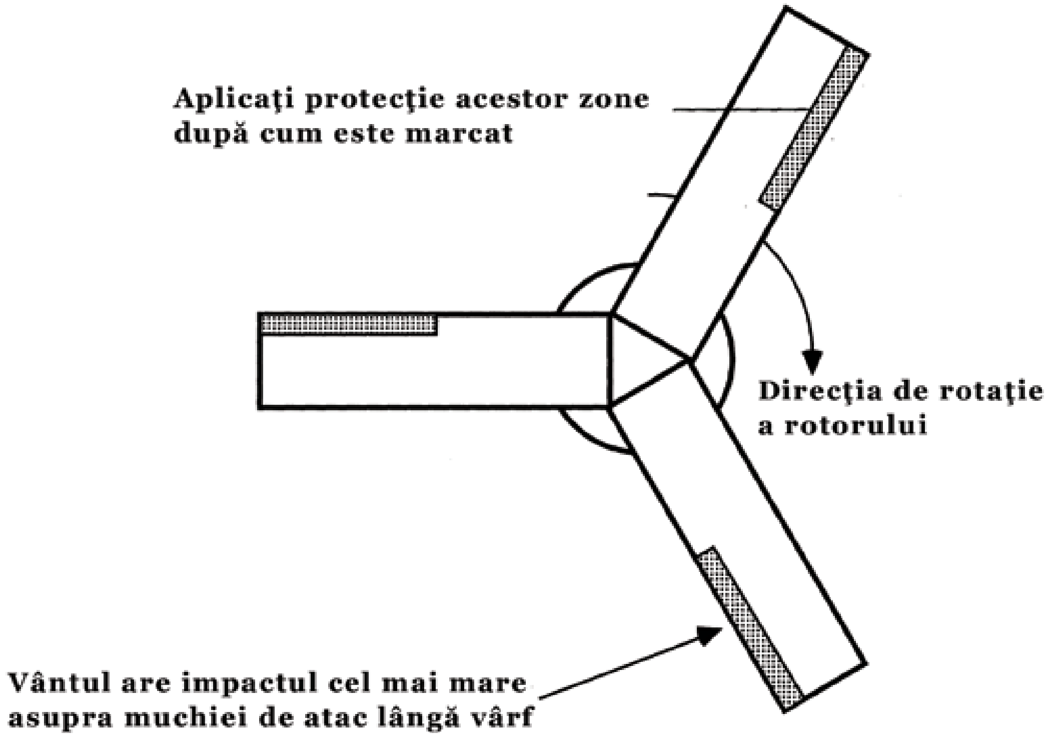


Nervuri la bază

O privire asupra proiectării palelor, din capitolul patru, arată că este de dorit să aveţi o secţiune mai largă şi un unghi de atac grosier la baza palei. Dacă tăiaţi o astfel de pală dintr-o singură

bucată de lemn, ar fi foarte mare şi groasă şi ar rămâne multe resturi. O soluţie simplă este aceea de a folosi deşeurile de la părţile exterioare ale palei, lipite pe pală în completare la partea interioară. Construiţi muchia de scurgere cu o nervură pentru a creşte lăţimea corzii. Construiţi faţa de pe direcţia vântului cu o altă nervură, pentru a creşte unghiul de atac.

Fig.4.8 Protecția muchiei de atac



Vopsirea și echilibrarea palelor

Vitezele mari la vârf cauzează eroziune rapidă a materialului palei. Muchiile de atac ale palelor au nevoie de un tratament special (Fig. 4.8), fie cu o răşină epoxidică, fie cu o „bandă pentru muchiile de atac". Banda pentru muchiile de atac este vândută pentru elicele avioanelor mici. Este uşor de aplicat, de îndepărtat şi oferă protecţie eficientă pentru o bună perioadă de timp. Aplicaţi banda după vopsire.

Dacă folosiţi răşină epoxidică, ar trebui să rindeluiţi cam 3mm din marginile de atac şi să le refaceţi cu o pastă amestec de răşină epoxidică şi pudră de aluminiu (sau o umplutură similară). Pasta de răşină poliesterică, cum ar fi „grundul de plastic", nu este la fel de durabilă că şi cea epoxidică. Aplicaţi răşina înainte de vopsire.

Suprafaţa de protecţie ideală ar trebui să fie un finisaj rezistent (asemenea cauciucului). De asemenea, este necesară şi o bună putere adezivă. Cauciucul siliconic poate fi un bun material folosit la reparaţiile pe loc, dar este dificil de făcut un finisaj neted.

Vopsirea

Amorsaţi lemnul cu atenţie şi aplicaţi din belşug vopsea lucioasă. Sablaţi-l bine înainte de aplicarea stratului final. Vopseaua lucioasă de uz casnic poate părea nefinisată, dar are avantaje faţă de vopselurile epoxidice şi lacuri.

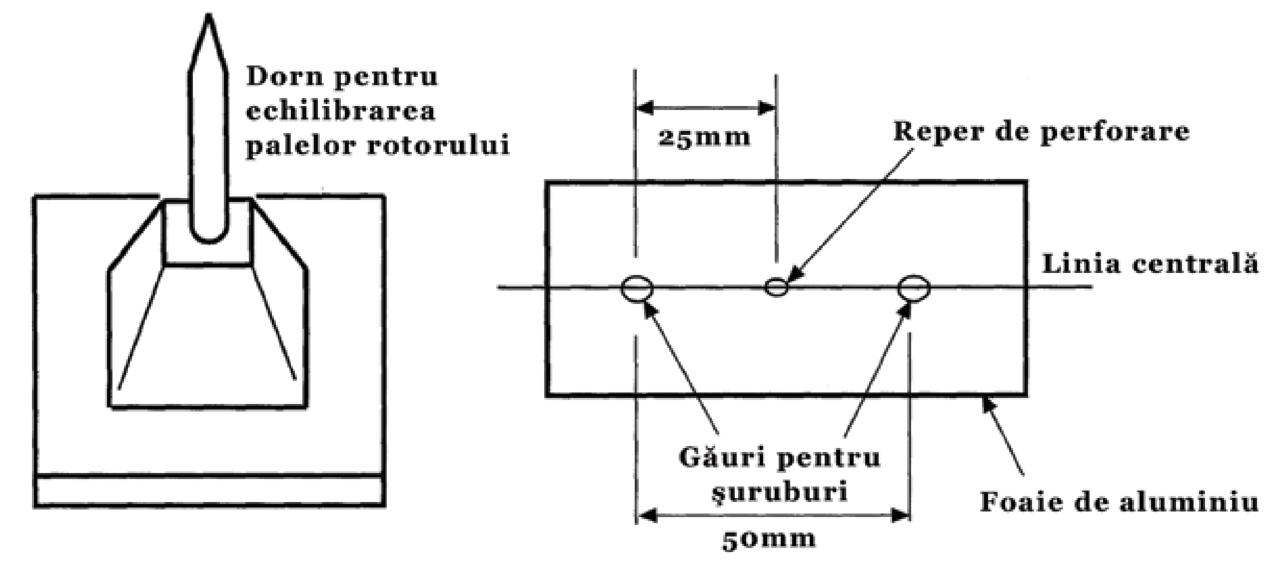
Vopseaua epoxidică este complet impermeabilă, ceea ce nu este întotdeauna un avantaj. Apa din stratul epoxidic nu poate ieşi, pe când alte vopseluri vor respira. Dacă pala este deteriorată, de exemplu prin suporţii de ancorare în lemn, lângă bază, apa va intra şi va fi centrifugată către vârf, unde se va strânge şi va duce la umflarea lemnului, până când acesta va crăpa. Lacul se degradează mult mai repede decât vopseaua în lumina ultraviolet. (Totuşi, lemnul lăcuit arată bine pentru un timp).

Echilibrarea

Este esenţial să echilibraţi palele cu atenţie. Scopul este acela de a vă asigura că centrul de gravitaţie al rotorului asamblat este exact la centrul de rotaţie, de exemplu în centrul axului. Acesta este cunoscut ca şi „echilibru static”. Echilibru dinamic nu este necesar, presupunând că vă asiguraţi că vârful palelor „se tractează” una pe alta. Palele rotorului sunt subţiri în zona axială, deci echilibrul static este suficient.

Echilibrarea trebuie făcută în interior, într-un spaţiu larg deschis, fără curenţi de aer. Piesele de plumb (de la resturile de prin curte) sunt contragreutăţi ideale pentru echilibrare. Dacă se cer contragreutăţi foarte grele, ele se pot fi profilate/configurate (din oţel sau plumb) şi îndoite pentru a intră în cavitatea dintre cele trei pale.

Fig. 4.9 Dispozitiv de ghidare pentru echilibrarea rotorului



Aici aveţi o metodă de verificare a echilibrului static. Pala este echilibrată pe un dorn ascuţit (Fig. 4.9), confecţionat poate dintr-un ştift de 100mm sau ceva similar, acţionat în suportul de lemn şi ascuţit cu ajutorul unei maşini de ascuţit unelte. Dornul se cuplează cu reperul perforat chiar în centrul rotorului.

Faceţi un dispozitiv de ghidare dintr-o bucată mică de folie de aluminiu (Fig. 4.9), cu un reper de perforare chiar în centru, între cele două găuri de şurub. Poziţionaţi găurile précis, la o rază (să spunem) de 25mm de reper. Faceţi două găuri corespondente pe spatele butucului rotorului, pe o linie exactă care trece prin centrul de rotaţie. Înşurubaţi pe dispozitivul de ghidare, cu reperul de perforare pe centrul exact al rotorului.

Cuplaţi dornul cu reperul de perforare şi aşezaţi întregul ansamblu pe stand. Va fi instabil. Stabiliţi nivelul rotorului folosind o nivelă cu bulă de aer.Ridicaţi nivela cu bulă de aer uşor şi observaţi în care direcţie cade rotorul. Adăugaţi greutăţi în partea opusă până când rotorul este capabil să se echilibreze momentan pe dorn, fără a avea o anume direcţie de cădere. Trebuie să plasaţi nivela cu bulă de aer atât pe direcţia nord-sud, cât şi pe direcţia est-vest.Construcţia rotorului este probabil cea mai satisfăcătoare parte a construcţiei unei turbine eoliene şi este o sarcină fezabilă pentru oricine are unelte simple, răbdare şi entuziasm. Cu toate acestea, găsirea unui generator potrivit care să antreneze rotorul poate să nu fie o sarcină tocmai uşoară, după cum vom vedea în capitolul următor.

CINCI
GENERATOARE

Cea mai dificilă parte in proiectarea unei mini eoliene este găsirea unui generator potrivit. În acest capitol vom analiza câteva dintre opţiuni.

De ce aveţi nevoie

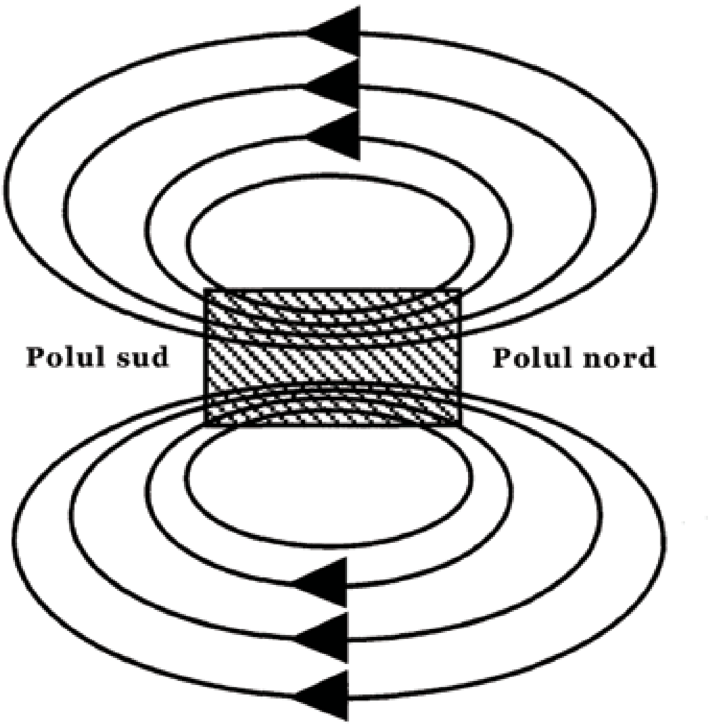
Aveţi nevoie de un generator de viteză mică, care să poată fi cât mai eficient în cazul vânturilor domoale. Alternatoarele cu magneţi permanenţi întrunesc aceste condiţii şi reprezintă cea mai populară alegere pentru proiectarea reuşită a mini-eolienelor. Ele vor fi prezentate în detaliu mai departe. Motoarele de curent continuu fără perii sunt asemenea lor şi reprezintă şi în acest caz, o alegere aproape perfectă. Totuşi, mai sunt şi alte opţiuni. Totuşi, mai sunt şi alte opţiuni.

Un dispozitiv gata fabricat ar fi ideal pentru simplu motiv de a nu trebui să îl construiţi dumneavoastră. Dacă este produs de serie, costul producţiei va fi mic şi, de asemenea, vor rămâne unităţi în stoc. Cu cât modelul e mai comun, cu atât mai uşor veţi găsi piese de schimb. Din păcate, generatoarele de acest gen sunt rareori utilizabile ca atare pentru proiectarea eolienelor. O parte din acest capitol este dedicată explicării cum puteţi să le adaptaţi. O excepţie o reprezintă principiul dinamului pentru biciclete, care este perfect (în cazul în care găsiţi unul) pentru construirea unei eoliene mici.

Există şi alte optiuni, în afară de refolosirea unor dispozitive gata făcute, sau construirea lor de la zero. În acest capitol vom aborda câteva dintre modalităţile posibile de modificare şi adaptare a generatoarelor de viteză mică. De multe ori puteţi folosi un motor ca şi generator, lărgind astfel în mod semnificativ spectrul posibilităţilor. Unele dintre servo-motoarele de curent continuu sunt adecvate ca atare, fără a fi necesar să le modificaţi.

Chiar dacă alegeţi să vă construiţi propriul generator, puteţi să folosiţi ca bază câteva dintre piesele inginereşti de producţie în masă. De exemplu, am descoperit butucii de roată şi elementele de frânare de la maşini ca fiind foarte utile pentru montarea bobinelor şi magneţilor permanenţi în proiectarea eolienelor. Mai multe informaţii despre acest subiect vor fi dezvoltate ulterior.

Fig. 5.1 Câmpul magnetului cu doi poli



Cum funcționează generatoarele

Magneții

Un magnet are doi poli, nord şi sud. Câmpul magnetic începe dinspre polul nord şi se întoarce prin polul sud (Fig. 5.1). Acesta este „circuitul magnetic”. Câmpul magnetic atrage fierul, oţelul şi alte materiale de tip magnetic. Pe lângă faptul că le atrage, câmpul magnetic îşi creşte intensitatea în cazul circuitului magnetic format din aceste materiale.

Bobinele

Generatoarele conţin bobine din fir de cupru, deseori cunoscute sub denumirea de „bobinaje”. Firul de cupru este îmbrăcat cu un strat subţire de email care izolează fiecare fir de celelalte. O bobină este înfăşurată, de obicei, pe o structură de lemn şi apoi se desprinde, se fixează în dispozitiv şi se pune în răşină pentru a căpăta forma solidă.

Bobinele pot fi de două feluri:

- Principale sau bobine generative, care produc câmpul magnetic.
- De câmp sau bobine de excitaţie, care au nevoie să fie alimentate cu curent pentru

a crea câmpul magnetic în dispozitiv. Acest proces este cunoscut ca fenomen de „excitare a dispozitivului".

Alternatorii cu magneţi permanenţi nu au nevoie de bobine de câmp, fiindcă sunt permanent excitaţi.

Statorul și Rotorul

Generatoarele au două părţi: o parte statică, numită „stator" şi o parte mobilă, numită „rotor". Statorul este, de obicei, partea externă care încorporează dispozitivul, în timp ce rotorul este montat pe un arbore în mijloc, care se învârte (Fig. 5.2).

Ansamblarea inversă este de asemenea posibilă, fiind, de fapt, destul de întâlnită la eolienele obişnuite: arborele este fix, iar carcasa se roteşte pe el. Această ansamblare este cunoscută sub numele de ansamblu „de carcasă", opus ansamblului mai convenţional, cel „de arbore". Dacă eoliana nu are nevoie de transmisie, lamele rotorului pot fi angrenate direct de magnetul rotor.

Generatoarele funcţionează pe baza mişcării magneţilor faţă de bobine, sau a mişcării bobinelor faţă de magneţi. Nu contează care se mişcă, ceea ce contează este mişcarea relativă. Astfel, magneţii pot fi pe rotor sau pe stator. Ei pot fi, de asemenea, interiori sau exteriori.

Avantajul de a avea bobinele pe stator este că pot fi uşor conectate, fără contacte de frecare.

Fig.5.2 Configurații de stator și rotor

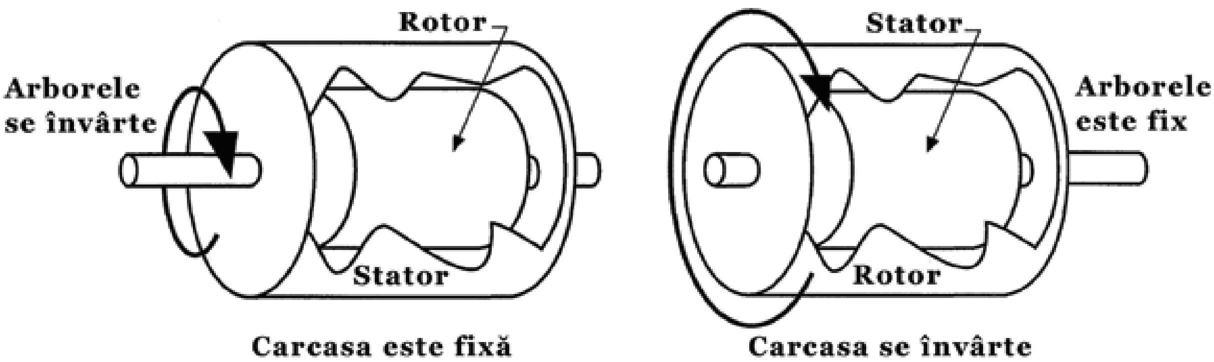
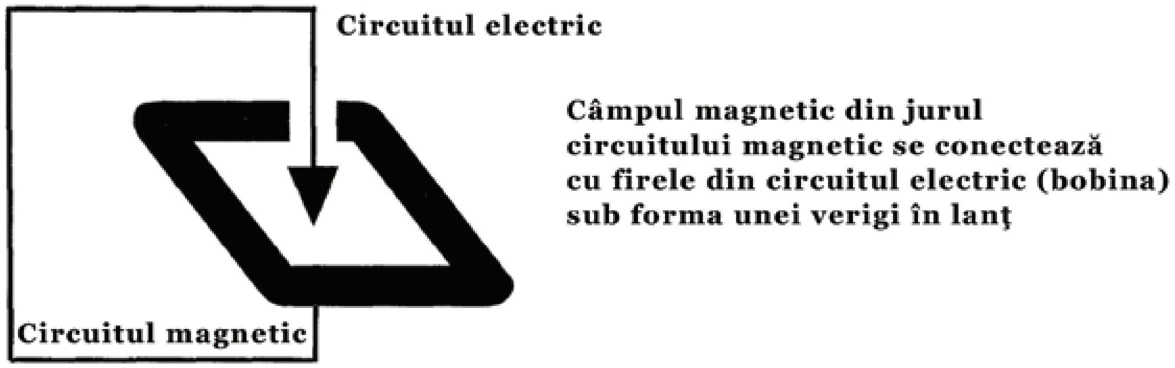


Fig. 5.3 Cuplaj inductiv magnetic



Cuplajul inductiv

Magneţii şi bobinele dintr-un generator sunt configuraţi în asemenea fel încât câmpul magnetic trece prin bobine (Fig. 5.3).Cu alte cuvinte, circuitul magnetic se interconectează cu circuitul electric.

Când rotorul se află în poziţie, câmpul magnetic este canalizat la nivelul bobinei într-o singură direcţie. Pe măsură ce rotorul se învârte, câmpul magnetic din bobină se reduce la zero şi se inversează. Acest câmp magnetic este un flux şi reflux continuu, un ciclu etern, asemenea valurilor mării, traversând firele în dinamica sa. Prin traversarea firelor, se produce tensiunea electrică. Acest fenomen este cunoscut sub denumirea de „inducţie electromagnetică".

Figura 5.4a ne arată un alternator simplu cu doi poli. Arborele cuprinde un magnet care se roteşte, transmiţând câmpul magnetic prin bobine, care sunt prinse în miezul statorului (vezi Fig. 5.4b).

Figura 5.5 reprezintă un grafic al schimbării tensiunii electrice în bobine pe parcursul rotirii rotorului.

Maximizarea câmpului magnetic al alternatorului

Circuitul magnetic este deseori comparat cu circuitul electric, printr-o analogie asemănătoare cu cea dintre câmpul magnetic şi curentul electric. Spaţiul liber din circuitul magnetic funcţionează asemenea rezistenţei din circuitul electric.Un spaţiu mai mare limitează puterea câmpului magnetic din jurul circuitului magnetic.

Pentru a se menţine un spaţiu redus, bobinele din alternatorul nostru simplu sunt fixate în locaşurile din miezul statorului. Metalul dintre locaşuri asigură un mediu slab rezistiv pentru trecerea câmpului magnetic prin bobine.

Fig. 5.4a Exemplu de alternator simplu cu doi poli

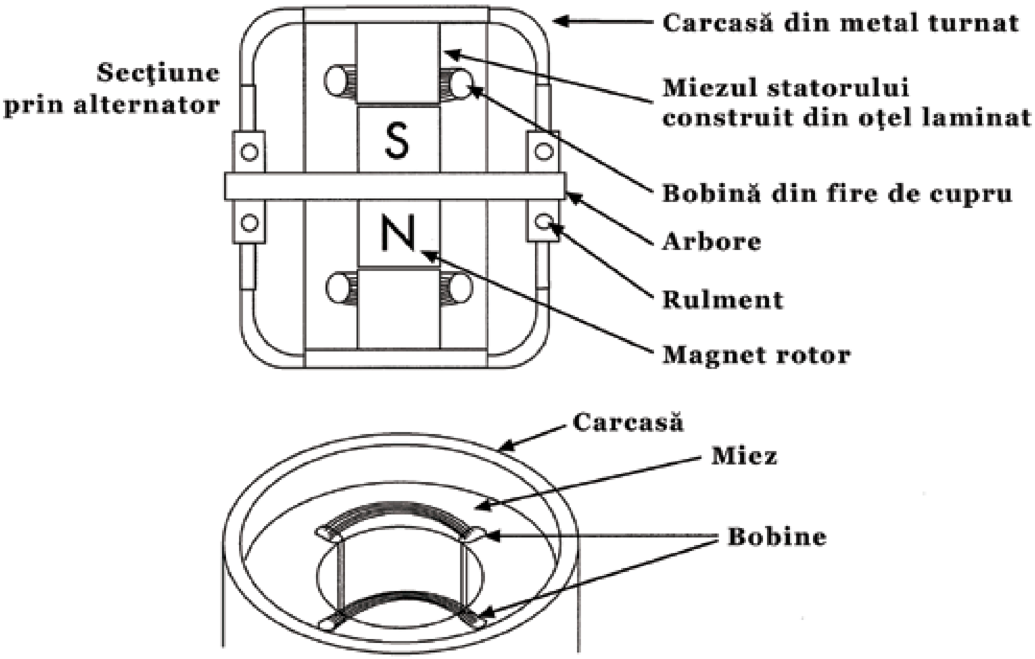
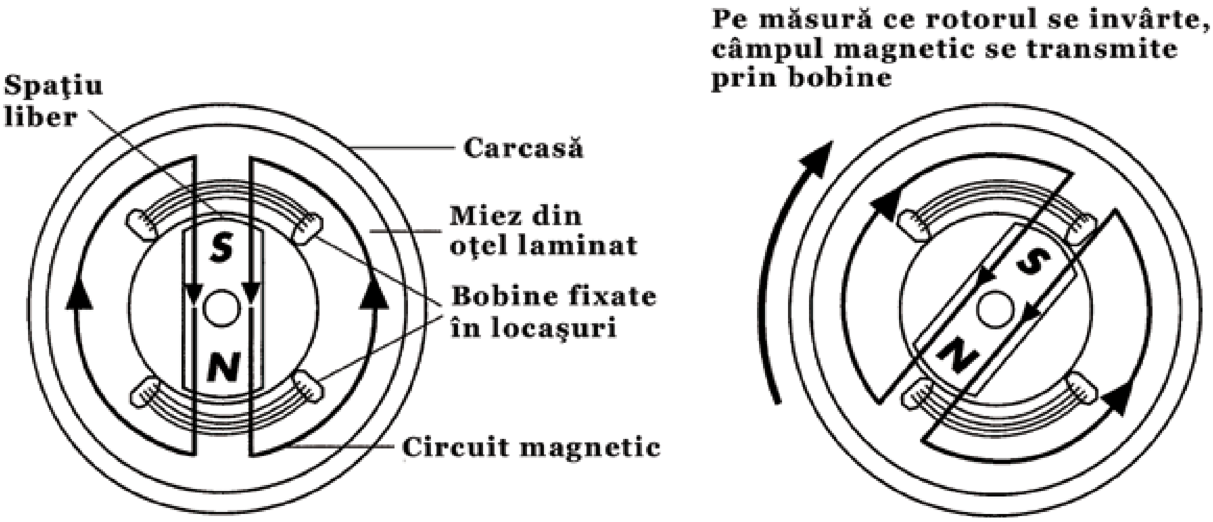


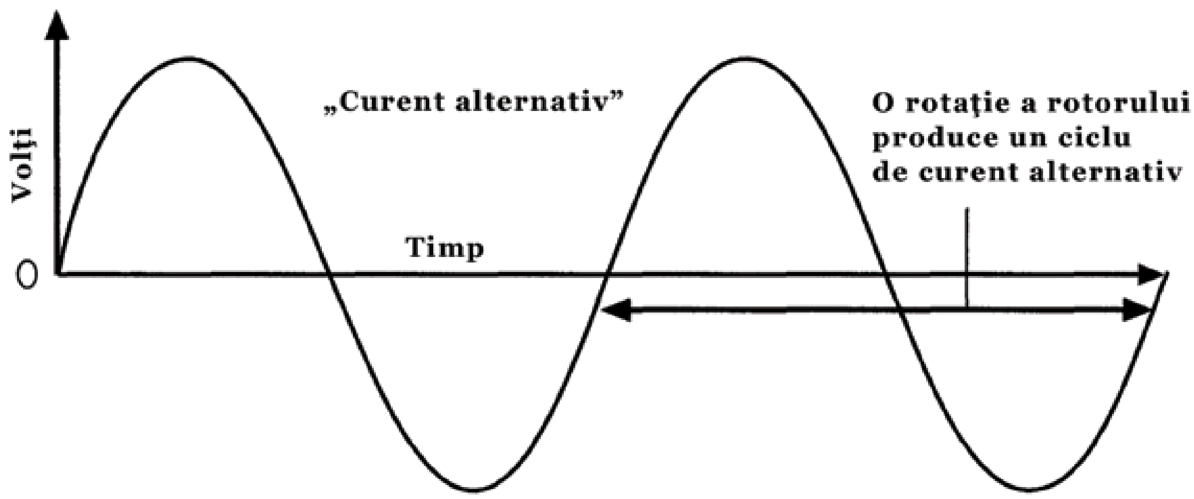
Fig. 5.4b Partea posterioară a unui alternator cu doi poli



Pierderi în fier

Schimbarea constantă a câmpului magnetic din miez afectează nu doar bobinele din jurul său, dar şi oţelul din miez. Nu este de dorit să avem aceste „efecte secundare” în miez, deoarece acestea reduc randamentul. Aceste efecte se numesc „pierderi în fier” şi apar din două motive:

Fig. 5.5 Curentul produs de un alternator cu doi poli



- Fierul se magnetizează şi demagnetizează cu frecvenţă înaltă. Acest proces consumă energia prin histerezis. Pentru reducerea pierderilor prin histerezis, se pot folosi oţeluri speciale, care sunt uşor magnetizate.
- Schimbările de câmp magnetic tind să producă curenţi turbionari în oţel, urmând orice cale conductivă din jurul schimbărilor liniilor de câmp magnetic. Un miez alcătuit din laminări (izolate unele de celelalte) poate fi folosit pentru reducerea căilor de circuite largi, miniminalizând aceşti curenţi turbionari.

Dinţarea

Locaşurile din miezul de bobină prezintă dinţi între ele. Pe măsură ce rotorul se învârte, magneţii sunt atraşi de aceşti dinţi. Rezultatul este efectul de „cuplare". Acesta poate cauza dificultăţi la pornirea alternatorului şi, de asemenea, poate produce zgomot în timpul funcţionării. Aceste efecte pot fi minimalizate prin îndoirea uşoară a locaşurilor.

Generatoarele cu mai mulţi poli

Pâna acum am prezentat doar rotorii cu doi poli: nord şi sud. Un magnet are doi poli, dar pot exista mai mulţi poli într-un generator. Numărul polilor este întotdeauna par, pentru că polul nord nu poate exista fără cel sud şi invers. Fig 5.6 arată un alternator cu patru poli.

Frecvenţa

În cazul în care există doi poli (Fig. 5.5), tensiunea electrică parcurge un ciclu complet pentru fiecare rotaţie a alternatorului. Dacă există patru poli, veţi obţine două cicluri pe rotaţie.

Rata de oscilaţie a alternatorului, în acest caz, se mai numeşte „frecvenţa” de alimentare. Frecvenţa variază proporţional cu viteza de rotaţie (vezi ecuaţiile eoliene). Dacă tensiunea atinge 50 de cicluri pe secundă (ca în cazul electricităţii), atunci frecvenţa este de 50 Hertz.

Faza

Majoritatea alternatoarelor au mai mult decât o singură bobină finală. La alternatoarele cu o singură fază puteţi conecta toate bobinele la un loc, pentru alimentarea aceluiaşi circuit. Aceasta se explică prin faptul că ciclurile tensiunii de ieşire din bobine sunt în sincron. În limbaj tehnic, putem spune că bobinele sunt „în fază”.

Să luăm figura 5.6 care prezintă patru poli şi patru bobine. În timpul rotaţiei rotorului, fiecare bobină va fi concomitent faţă în faţă cu un pol. Pentru a produce o alimentare cu tensiune mai mare, puteţi conecta împreună bobinele în serie (Fig. 5.7), la fel cum aţi conecta elementele individuale împreună într-o baterie. O altă modalitate ar putea fi conectarea în paralel a bobinelor, pentru a produce mai mult curent (la tensiune mai mică) decât în cazul conectării în serie.

Când o bobină din generator este faţă în faţă cu polul sud, iar alta este faţă în faţă cu polul nord simultan, conectările unei bobine trebuie înversate pentru ca bobinele să funcţioneze împreună.

În cazul în care alimentaţi mai multe circuite, sau dacă alimentarea se face prin curent direct pentru încărcarea bateriilor, este de preferat să folosiţi un alternator cu „trei faze”, dotat cu trei seturi de bobine, producând toate curent alternativ cu aceeaşi tensiune şi frecvenţă, însă nu în modul sincron şi paralel. Bobinele sunt dispuse pe stator (sau rotor) astfel încât polii alternează cu bobinele, în succesiune continuă. Majoritatea electricienilor asociază alimentarea cu „trei faze” cu alimentarea cu 415 volţi (în România, alimentarea cu trei faze e caracteristică la 380 V, sau curentul alternativ trifazic, industrial), însă şi alte tensiuni sunt posibile. De exemplu, alternatoarele de maşină au trei bobinaje.

Figura 5.8 ilustrează statorul alternatorului cu patru poli „desfăşurat” într-un dreptunghi plat, astfel încât să putem observa monofaza bobinelor. Poziţia a patru bobine (pe rotor, faţă în faţă cu bobinele) este ilustrată prin „N, S, N, S” pentru a evidenţia faptul că toate bobinele sunt în fază.

În contrast, Figura 5.9 ilustrează alcătuirea bobinelor în alternatorul cu trei faze.

Există şase bobine în trei seturi legate între ele cu sârme subţiri. Bobinele din prima pereche sunt în fază şi pot fi conectate în serie pentru a alimenta un circuit. În a doua pereche, bobinele pot fi de asemenea conectate unele cu altele, dar timpul de sincronizare faţă de prima fază este diferit, astfel că vor trebui să alimenteze un al doilea circuit. De asemenea, a treia pereche va produce a treia alimentare electrică a alternatorului, într-un timp diferit.

Observând sincronizarea celor mai înalte şi joase puncte ale celor trei alimentări (Fig. 5.10), realizăm că toate trei produc aceeaşi tensiune şi frevcenţă, dar nu sunt sincronizate (nu sunt în fază).

Fig. 5.6 Partea posterioară a unui alternator cu patru poli

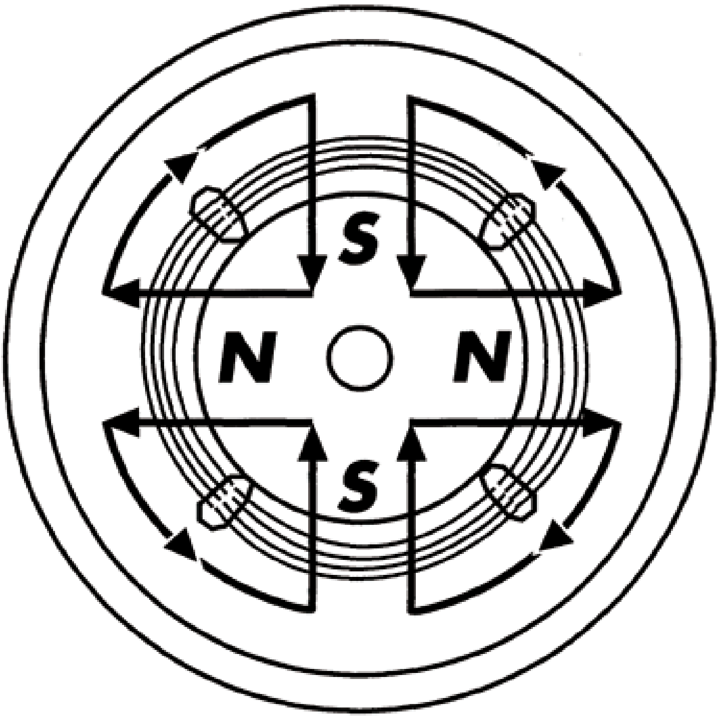


Fig. 5.7 Patru bobine în serie produc de patru ori tensiunea de ieșire

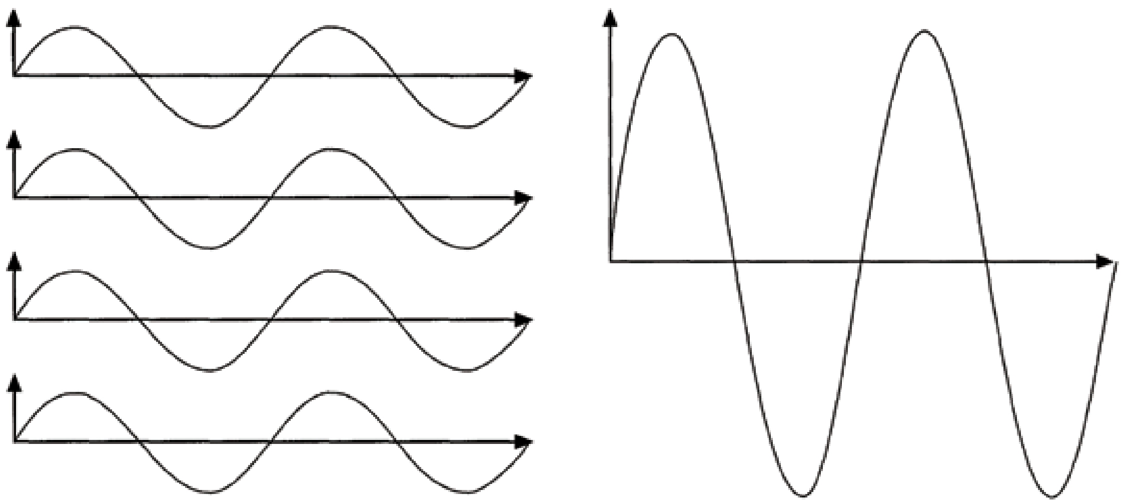


Fig. 5.8 Un stator cu patru poli în monofază

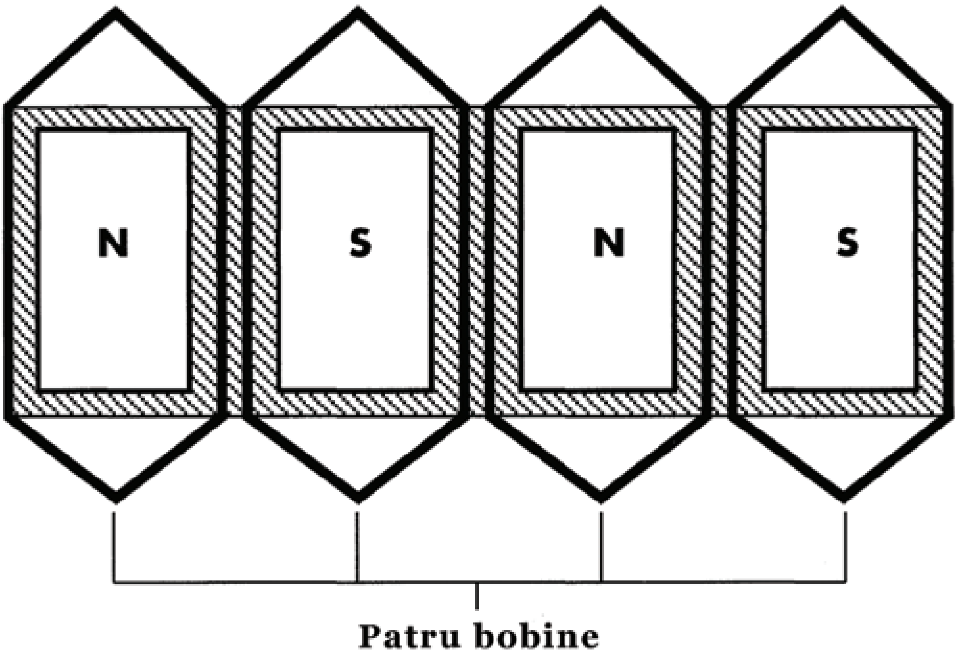


Fig. 5.9 Un bobinaj în trei faze

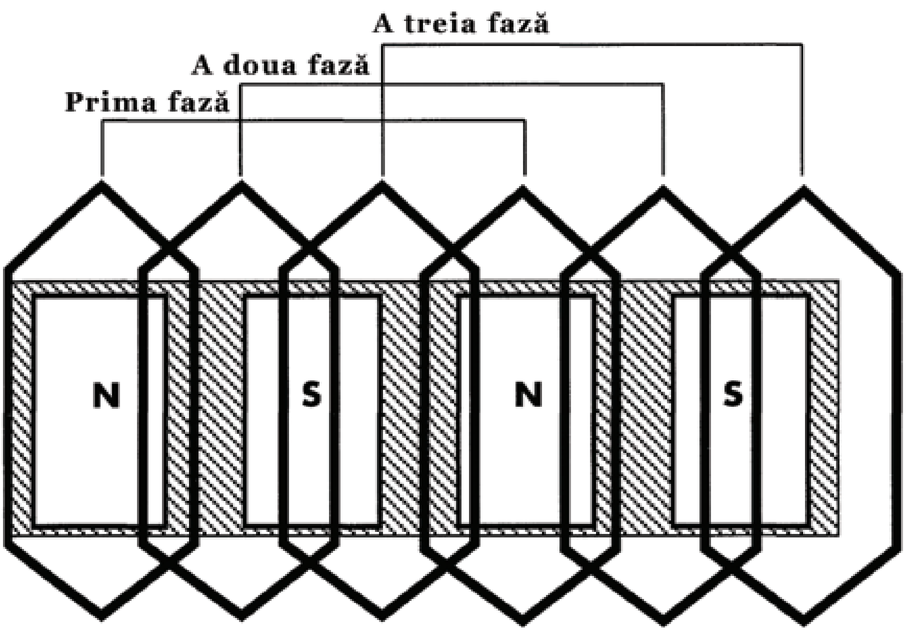
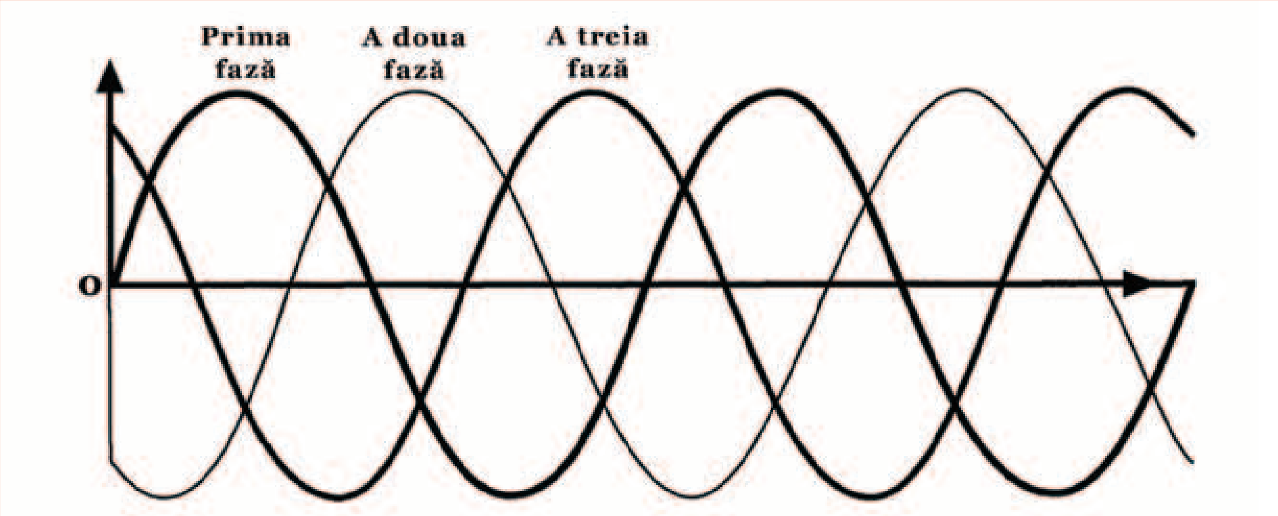


Fig. 5.10 Cum variază tensiunea temporal în fiecare din cele trei faze



Pe drept cuvânt, puteţi să vă întrebaţi „De ce ne mai batem capul?”. Cu un total de şase fire („capete”) ieşind din alternator, e un chin să poţi înţelege. Cu toate acestea, există motive întemeiate „să ne batem capul”, cum ar fi:

• În monofază, bobinele stau în acelaşi loc, lăsând spaţii mari nefolosite. Un bobinaj în trei faze foloseşte spaţiul valabil mult mai eficient şi asta va eficientiza şi eoliana.

• Un alternator cu monofază produce tensiunea în pulsaţii (Fig. 5.5), în timp ce alternatorul cu trei faze produce tensiune în mod constant (Fig. 5.10). Se formează astfel mai puţine vibraţii şi, prin urmare, eoliana va fi mai silenţioasă.

• Un curent alternativ în trei faze foloseşte mai eficient cablurile decât trei alimentări monofazice (care ar avea nevoie de dublul cantităţii de fire din cupru, în aceeaşi situaţie). Acest aspect nu e relevant în cazul sistemelor de încărcare prin baterie, deoarece curentul direct foloseşte şi mai puţin cablu decât curentul alternativ în trei faze.

Conexiuni în stea şi în triunghi

În mod normal, cele trei circuite se leagă împreună. Nu putem să le conectăm în serie (sau în paralel) din cauza decalajului de timp, însă ele au în comun câteva dintre fire. Pentru a conecta capetele există două opţiuni (Fig. 5.11).

Tensiunea

Tensiunea este „impulsul” care conduce curentul într-un circuit. Componentele dintr-un sistem electric trebuie să fie concepute astfel încât să funcţioneze la aceeaşi tensiune (tensiune nominală). Suntem obişnuiţi să credem că alimentarea electrică are o anumită

tensiune şi că, indiscutabil, ea va rămâne constantă. Însă s-ar putea să nu vă imaginaţi cât efort necesită menţinerea constanţei alimentării obişnuite de tensiune.

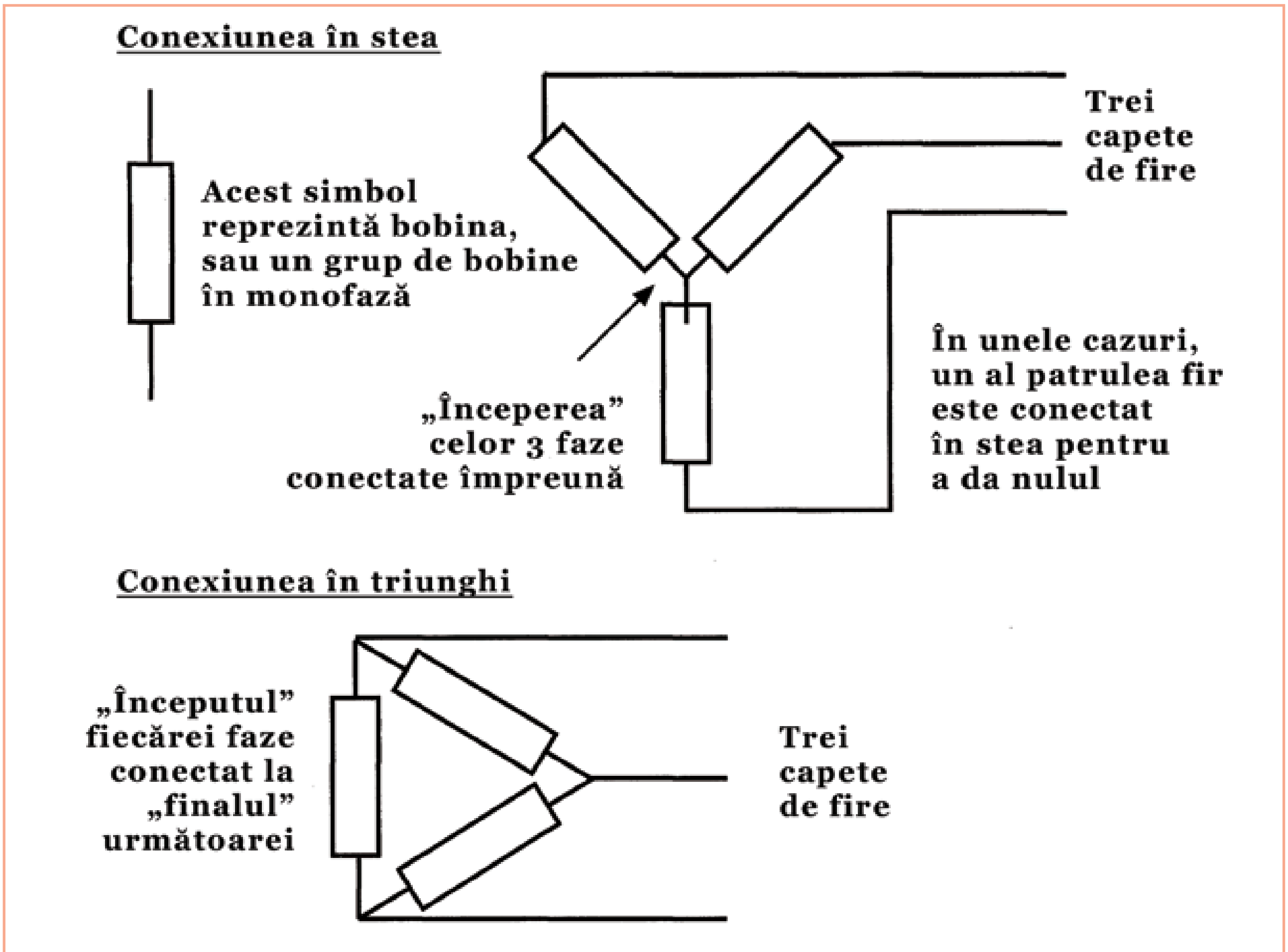
Tensiunea este determinată de rata de frecvenţă cu care câmpul magnetic traversează firele. Tensiunea poate fi amplificată prin creşterea oricăruia dintre următoarele elemente:

- Viteza de rotaţie
- Forţa câmpului magnetic
- Numărul de rotaţii pe bobină

Dar ce înţelegem prin tensiune? Tensiunea nu este pur şi simplu un obiect care produce curent alternativ, deoarece se schimbă în mod constant, scăzând la zero, revenind etc. Un voltametru vă poate oferi o citire constantă a valorilor, dar ce reprezintă el de fapt? (Fig. 5.12)

De fapt, contorul vă va arăta tensiunea mediei pătratice. Media pătratică este valoarea tensiunii curentului direct care poate lumina un bec cu aceeaşi putere. Dacă intenţionaţi să încărcaţi o baterie prin alimentare cu curent alternativ, atunci valoarea maximă a tensiunii (cu aproximativ 40% mai înaltă) poate fi de asemenea importantă.

Fig. 5.11 Cele două modalități de a lega trei faze de bobinaj



Pierderea internă de tensiune

Până acum am plecat de la premisa unui alternator cu circuit deschis, astfel că niciun curent nu poate dispară din el. Tensiunea circuitului deschis este de asemenea cunoscută sub denumirea de „forţă electromotoare” (f.e.) a generatorului. În momentul în care încercaţi să obţineţi tensiunea din generator, se va crea o „pierdere de tensiune” din cauza pierderilor în bobinaje.

Să luăm un dinam de „12 volţi” (vezi descrierea ulterioară). Pe măsură ce turaţia dinamului creşte, tensiunea va creşte de asemenea, până când turaţia de cuplare ajunge la 1.200 de rotaţii pe minut. În acest moment, circuitul de tensiune deschis va fi de 12 volţi. La 2.000 de rotaţii pe minut ar putea practic produce circuit deschis de 12 volţi. În momentul în care îl conectaţi la o baterie de 12 volţi, va produce doar 12 volţi la aceeaşi viteză, obţinând un curent de 20 de amperi. Opt volţi sunt consumaţi prin rezistenţa internă a dinamului. Figura 5.13 este un grafic al tensiunii şi curentului versus viteză, pentru a ilustra procesul.

Practic, alţi factori vor complica procesul, cum ar fi de exemplu schimbările tensiunii bateriei şi cele din câmpul magnetic.

Alimentarea cu curent direct

Majoritatea eolienelor care produc energie este folosită la încărcarea bateriilor. Dacă eoliana foloseşte un alternator, curentul alternativ trebuie convertit în curent continuu. Aceasta se face prin dispozitive semiconductoare numite „diode”, care funcţionează ca şi valve unidirecţionale pentru curentul electric. Unele dintre diode sunt montate într-un circuit numit „punte”, aşa cum este ilustrat în Figura 5.14. O punte trifazică poate fi construită pe acelaşi principiu (a se vedea ulterior).

Fig. 5.12 Care este tensiunea?

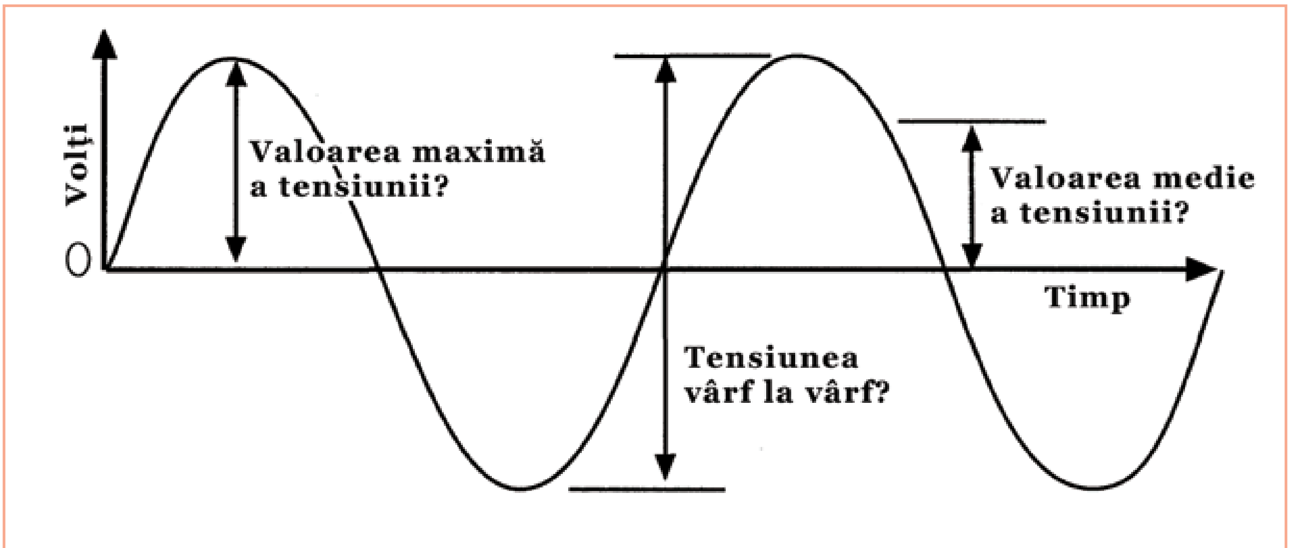


Fig. 5.13 Tensiunea este modificată prin curent

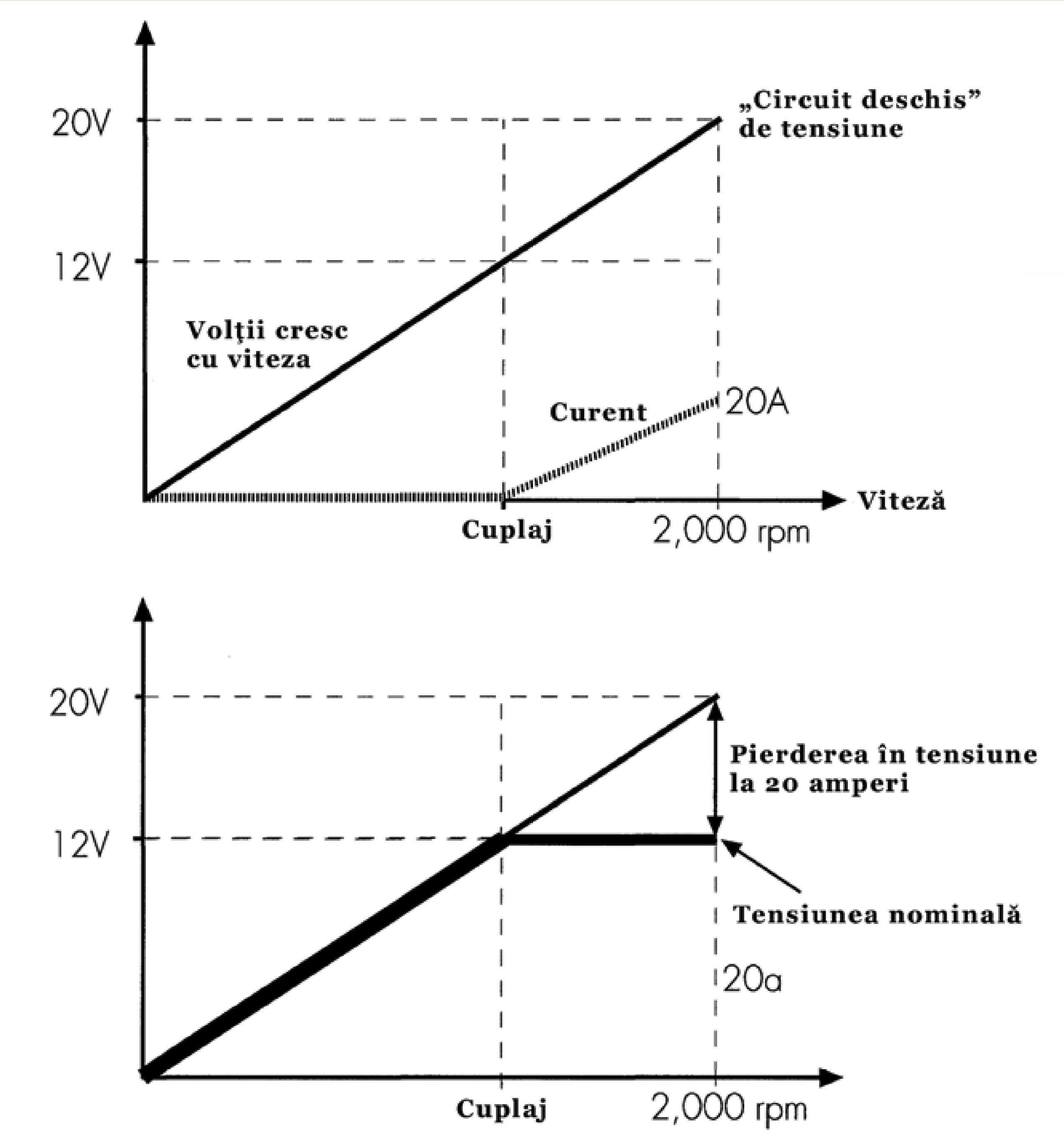
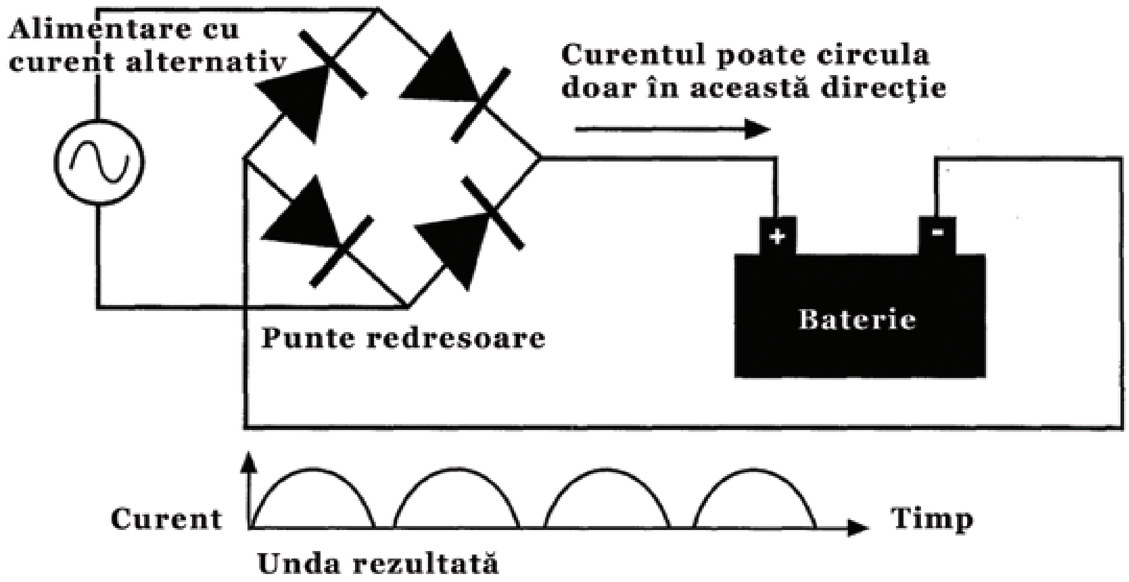


Fig. 5.13 Cum este modificat circuitul de tensiune deschis la trecerea curentului

Când curentul trece prin fiecare diodă are loc o pieredere de tensiune de 0.7 volţi. Pentru a încărca bateria, curentul trebuie să treacă prin două diode în punte. Astfel, pentru a încărca o baterie de 12 volţi este nevoie de o alimentare cu 13.4 volţi. Prin urmare, mai mult de 10% din putere este pierdută în diode. Puntea redresoare trebuie montată pe un „radiator” (o piesă din aluminium cu aripi) care va disipa căldura şi va preveni supraîncălzirea.

Fig. 5.14 Diagrama circuitului unei punţi redresoare



Din momentul în care valoarea maximă a tensiunii depăşeşte tensiunea bateriei şi voltajul diodei scade, curentul începe să circule în pulsaţii. Când alimentarea cu tensiune creşte, curentul devine mai puternic şi mai constant, în special în cazul alimentării trifazice.

Perii și inelele colectoare

Mai sus am prezentat alternatorul cu magnet permanent şi bobinele pe stator (Fig. 5.4). Majoritatea generatoarelor şi motoarelor are, de asemenea, bobine pe rotor. Pentru a conecta aceste bobine la un circuit electric extern, rotoarele sunt prevăzute, în mod normal, cu inele colectoare. Un inel colector este o suprafaţă de cupru fină, montată în rotor şi strunjită. Contactele glisante, numite „perii", sunt presate prin arcuri pe suprafaţa în rotaţie a inelelor colectoare. Dacă iniţial un ansamblu de perii era alcătuit din tresă[1] , acum ele sunt formate din bramă[2] de carbon.

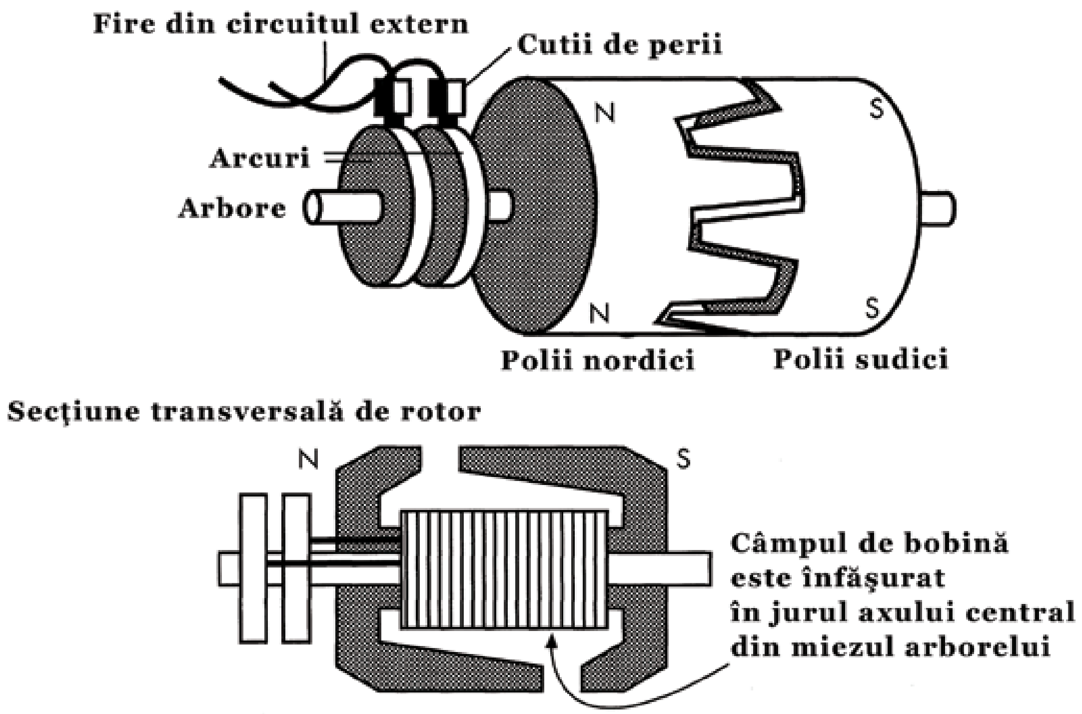
De exemplu, bobina de câmp a unui alternator de maşină se află pe rotor (Fig. 5.15). Bobina primeşte curentul de câmp prin perii şi inele colectoare.

Acest curent trece de asemenea şi prin circuitul regulator care previne supraîncărcarea tensiunii de ieşire, indiferent de viteză. Dacă sunt folosiţi magneţii permanenţi, periile nu mai sunt necesare, dar nu există nicio posibilitate de a controla debitul de ieşire.

[1] Împletituri de sârmă fină [TEI].

[2] Plăci sau semifabricate obţinute prin laminarea lingourilor de oţel, cu secţiunea dreptunghiulară sau pătrată şi cu suprafaţa striată sau punctată [TEI].

Fig. 5.15 Rotorul unui alternator de mașină



Cu timpul, periile se uzează, iar suprafaţa de contact a inelelor colectoare se poate coroda de la scântei (mai ales în cazul când este supraîncărcată de curent sau contaminată). Prin urmare, un generator fără perii va fi mult mai sigur.

Comutatoarele

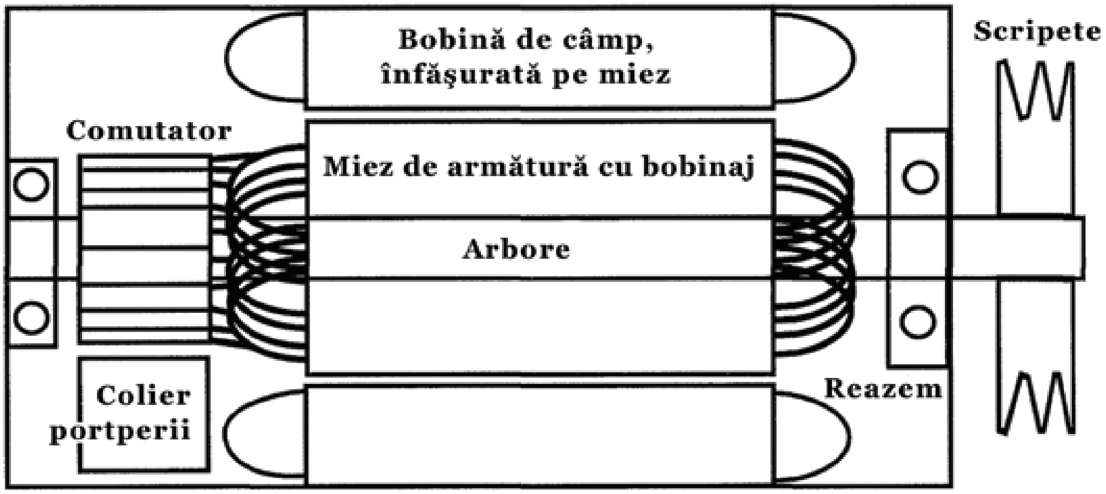
În zilele de demult, când nu existau redresoare din semiconductori, era imposibil să încărcăm bateria de la un curent alternativ. Era nevoie de un generator special de curent continuu, numit „dinam".

Statorul dinamului poartă magneţii de câmp (Fig. 5.16). În interior se află un rotor special numit „armătură", care are multe bobine şi un „comutator". Cheia producerii de curent continuu stă în comutator şi periile care conectează armătura bobinelor la circuitul extern al bateriei.

Literal, numele de „comutator" însemnă întrerupător, iar asta este funcţia comutatorului. Bobinele în serie de pe armătură sunt legate de lamelele de cupru de pe comutator. Periile sunt poziţionate la o distanţă relativă faţă de polii câmpului în aşa fel încât se pot conecta constant la bobinele care conduc curentul unidirecţional. Ca rezultat, vom avea un alternator care produce curent continuu.

De asemenea, comutatoarele sunt folosite de către unele motoare numite motoare de „curent continuu" sau motoare „universale".

Fig. 5.16 Vedere secţionată a unui dinam



Schimbarea vitezei generatoarelor

Viteza generatorului este cel mai important aspect în construirea unei eoliene. Majoritatea generatoarelor este proiectată să funcţioneze la o viteză prea mare pentru realizarea cuplării cu rotorul eolienei, însă există metode pentru reducerea vitezei de operare.

Am văzut că tensiunea produsă de o bobină depinde de viteză, câmpul magnetic şi numărul de rotaţii. Există o limită de saturaţie a câmpului magnetic. Prin urmare, pentru ca aceste elemente să opereze la viteză mică, trebuie fie să lucraţi la o tensiune mică, fie să schimbaţi gruparea de bobine din paralel în serie (sau din triunghi în stea), fie să folosiţi mai multe rotaţii pe bobină.

Din păcate, toate aceste opţiuni reduc puterea nominală în waţi, însă fără reducerea pierderilor în cupru. De exemplu, puteţi opera un alternator de 24 de volţi la jumătate din viteză, prin încărcarea unei baterii de 12 volţi, dar dacă curentul este la fel, veţi obţine doar jumătate din putere, pentru că puterea este rezultatul înmulţirii tensiunii cu curentul. Pierderile în cupru (datorită efectului produs de circuitul curentului în bobinajele principale) vor rămâne aceleaşi. Deoarece ele vor fi acum de două ori mai mari decât fracţia puterei nominale, gradul de eficienţă va avea de suferit.

În cazul în care dorim să păstrăm aceeaşi eficienţă, reducând totodată şi viteza, trebuie să diminuăm de asemenea curentul şi tensiunea. Puterea nominală este astfel redusă prin pătratul atenuării vitezei nominale. De exemplu, la jumătate din viteză, obţinem un sfert din puterea generatorului. Acesta este preţul reducerii vitezei. Prin urmare, aveţi nevoie de un generator mai mare în raport cu puterea nominală. Nu contează, de fapt, cât de greu este generatorul odată ce se află în aer, eficienţa sa fiind mult mai importantă. Astfel că, în cele mai multe cazuri, merită achiziţionarea unui generator mai greu.

În exemplul de mai sus am schimbat tensiunea pentru a obţine o reducere a vitezei de operare. Putem schimba numărul de rotaţii pe bobină, sau pe gruparea de bobine (în serie sau stea), pentru a restaura tensiunea iniţială, dar aceasta duce la o rezistenţă internă mai mare, iar curentul trebuie redus cu acelaşi factor, fără a creşte puterea nominală. Motivul pentru aceste schimbări este de a menţine compatibilitatea cu o anumită tensiune a bateriei în timpul operării cu o viteză mică.

Dacă există de asemenea şi bobine de câmp, pierderile sistematice vor deveni mai semnificative pe măsură ce puterea nominală este redusă. Din acest motiv, nu merită să modificaţi un generator la o viteză de operare mai mică, decât dacă prezintă un grad bun de eficienţă de la început.

Tipuri de generatoare

Generatoarele de tensiune mai comune nu sunt abordate în această carte pentru că sunt rareori folosite în construirea mini eolienelor.

Alternatorii de mașină și dinamurile

Alternatorii de maşină reprezintă prima alegere pentru cei care descoperă energia eoliană, fiind uşor disponibili, având puterea nominală potrivită şi fiind proiectaţi pentru alimentarea bateriilor. Cu toate acestea, ei nu sunt alegerea ideală pentru construirea mini eolienelor. Eficienţa de sarcină este foarte slabă, datorită nevoii de curent în bobina de câmp. Alternatorii de maşini moderne sunt construiţi pentru a fi ieftini, uşori şi cu turaţie ridicată.

Dinamurile au de asemenea nevoie şi de curent de câmp, dar pot fi o bună alegere în cazul eolienelor, dacă găsiţi un dinam suficient de vechi. Poate părea ciudată recomandarea dinamurilor vechi, însă acestea erau construite pentru viteze mici de operare, primând eficienţa în faţa capacităţii maxime de putere. Pentru o eoliană care să producă curent continuu veţi avea nevoie de un dinam mare şi greu (peste 20 de kg pentru 300 de waţi). Vorbim, deci, de un gen de echipament destul de vechi şi greu de găsit.

Câteva aspecte importante despre dinamuri și alternatoare

Alternatoarele de maşină şi dinamurile funcţionează prin autoexcitaţie, însemnând că, peste o anumită viteză, se întrerup şi produc câmpul magnetic. În ambele cazuri, bobinele de câmp sunt conectate în paralel cu ieşirile. Întreruperea se produce spontan. Magneţii deţin remanenţă magnetică slabă, care produce tensiune joasă. Aceasta creează un curent mic care amplifică câmpul existent şi produce mai mult curent, crescând astfel tensiunea. Într-o secundă, se poate obţine o tensiune maximă. Alternatoarele nu se întrerup atât de uşor. Bobinele de câmp au nevoie, deseori, de un curent mic, semnalat de la „lumina de indicare” (vezi ulterior).

La depăşirea vitezei de întrerupere, curentul produs de dinam creşte brusc, odată cu creşterea vitezei. Capacitatea maximă este obţinută la viteza reală a eolienei, în timp ce la alternatoare aveţi nevoie să obţineţi o viteză de trei sau patru ori mai mare decât o viteză de întrerupere, pentru ca sarcina nominală să fie obţinută (Fig. 5.17).

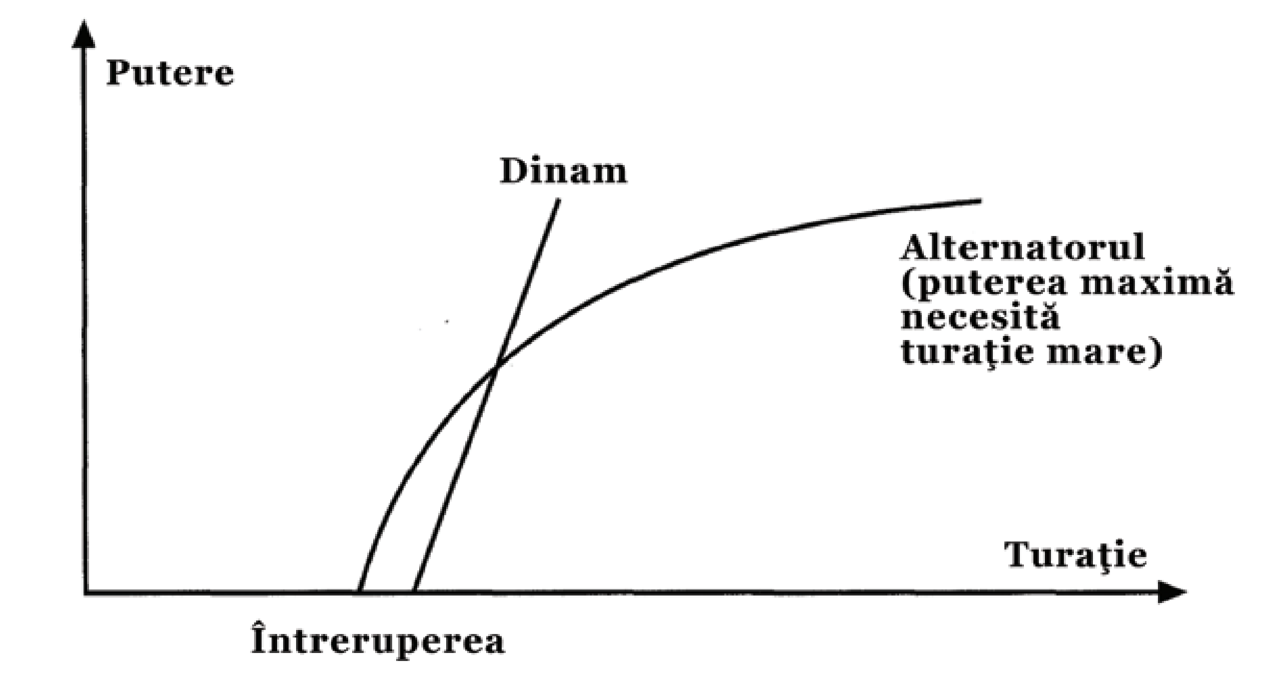
Alternatoarele auto îşi limitează, de fapt, propriul curent (prin reactanţă inductivă în bobinaje), ceea ce înseamnă că (dacă sunt răcite în mod adecvat) este aproape imposibil să se supraîncarce, în timp ce un dinam se va supraîncălzi dacă este suprasolicitat. Rotoarele alternatoarelor sunt capabile, de asemenea, să reziste la viteze foarte mari, care ar distruge armătura dinamului.

Dinamurile vechi au o rezistenţă excelentă, astfel că puteţi să montaţi fără nicio problemă un rotor destul de mare (2-3m în diametru) direct pe scripet. Alternatorul de maşină este, pe de altă parte, mai puţin impresioant.

Între un dinam şi un motor electric nu există diferenţe importante. Curentul va circula dinspre baterie spre dinam şi va roti eoliana atunci când nu bate vântul, exceptând situaţiile în care există o diodă de blocaj montată ca să prevină curentul în sens invers. Un alternator nu poate fi pus direct în mişcare, curentul invers fiind blocat de redresor.

În cazul dinamurilor nu este important care terminal este pozitiv, sau care este negativ (polaritatea). Polaritatea este detectată de dinam atunci când este conectat la o baterie, prin învârtire sau aprinderea circuitului de câmp. Alternatoarele, însă, sunt grav avariate dacă sunt conectate greşit la poli.

Fig. 5.17 Caracteristicile puterii/vitezei



Pentru alternatoare nu este importantă direcţia de rotaţie (doar în cazul ventilaţiilor de răcire). Un dinam va funcţiona doar într-o direcţie şi se va roti la fel. Direcţia de rotaţie poate fi inversată prin inversarea polarităţii bobinelor de câmp (încrucişând firele).

În timpul operării, dinamurile sunt aproape silenţioase pe când alternatoarele fac zgomot zbârnâitor.

Lucrul cu dinamurile

Dinamurile au nevoie regulat de întreţinere, la intervale de un an, chiar şi mai mult, dacă sunt bine îngrijite. Aceasta implică înlăturarea armăturii de pe corp, curăţarea prafului de carbon, a suprafeţei comutatorului (având mare grijă să îl ţineţi concentric, câteodată se foloseşte un vârf de strung pentru a-l şterge), curăţarea şi degresarea reazemurilor după indicaţii. Periile trebuie să se poată mişca liber în cutiile lor şi suprafaţa comutatorului să fie complet degresată. Este o muncă migăloasă şi murdară, însă foarte necesară. Dacă comutatorul nu funcţionează adecvat, dinamul nu va reuşi să se autoexcite, iar eoliana, prin urmare, va funcţiona la viteză excesivă.

Fig. 5.18 Modificarea conexiunilor dinamului

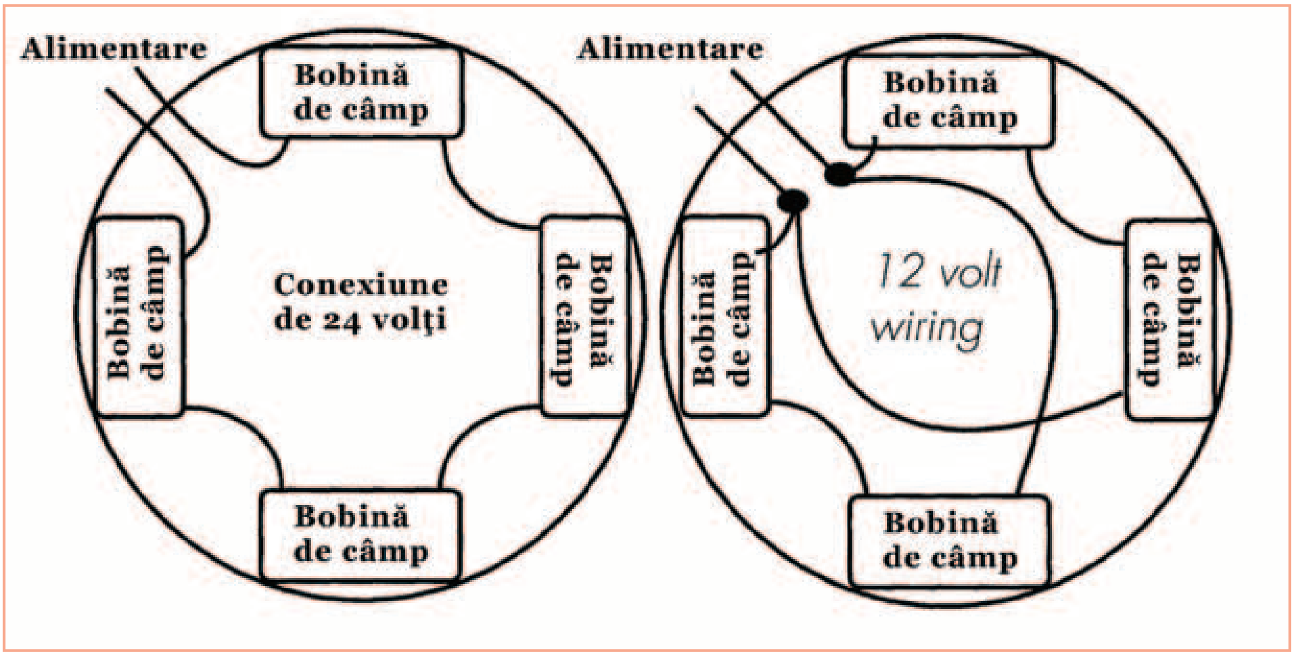


Fig. 5.18 Schimbările conexiunilor dinamului la tensiune joasă de operare (vedere posterioară a corpului dinamului)

Puteţi înjumătăţi viteza nominală pentru tensiunea de 24 volţi, la încărcarea unei baterii de 12 volţi. Bobinele de câmp au nevoie să fie reconectate, de preferat în paralel decât în serie, pentru a fucţiona adecvat la o tensiune joasă. Figura 5.18 ilustrează un cadru tipic.

Dacă sunteţi destul de norocos să găsiţi un dinam cu viteză mică, trebuie să fiţi atent să nu îl supraîncărcaţi. Curenţii înalţi vor cauza scânteieri la perii şi frecare accelerată. În cel mai rău caz va supraîncălzi armătura, ceea ce va fi dificil de rebobinat.

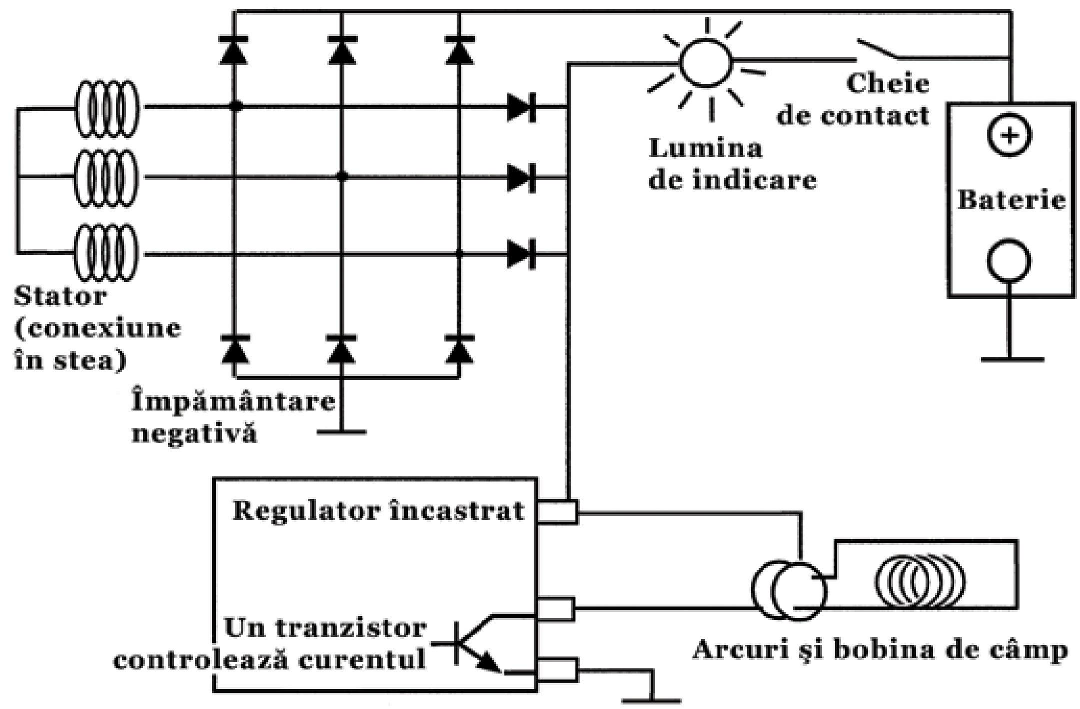
Alternatoarele de maşină

Pentru a obţine rezultatul aşteptat, este bine să înţelegeţi conexiunile unui alternator (Fig. 5.19).

Curentul de la bobinajele statorului trece printr-un redresor de punte trifazic, pe care îl converteşte în curent continuu pentru încărcarea bateriei. Există un singur terminal mare al alternatorului, care este conectat la borna plus a bateriei. Borna negativă este conectată la carcasă (pământ). Niciodată să nu conectaţi o baterie invers, pentru că veţi distruge redresorul. De asemenea, niciodată să nu operaţi alternatorul la viteză mare, fără a fi conectat la baterie, pentru că va avaria redresorul.

Alternatorul de maşină necesită o alimentare cu curent la bobina de câmp, prin intermediul periilor. Acesta poate fi luat din baterie, dar ar epuiza resursele din ea atunci când motorul (sau eoliana) ar fi oprit(ă). În schimb, avem un redresor special cu nouă diode, care furnizează o alimentare cu sarcină pozitivă independentă, de la bobinajele statorului la bobina de câmp.

Fig. 5.19 Diagrama circuitului alternatorului de maşină



Acest terminal în plus, de pe redresor, este abreviat ca IND pentru conexiunea cu lumina de indicare. Lumina se va aprinde doar atunci când nu există tensiune din alternator. În timpul sarcinii va exista aceeaşi tensiune la fiecare bornă a becului şi aceasta se stinge.

Majoritatea alternatoarelor de maşină are un regulator intern care controlează tensiunea de ieşire cu ajutorul curentului de câmp. Acesta nu este adecvat pentru construirea unei eoliene şi ar trebui să nu fie utilizat. Acesta nu poate măsura tensiunea bateriei şi, de asemenea, ar descărca eoliana, cauzând pierderi. În schimb, regularizaţi tensiunea bateriei cu un şunt (vezi capitolul şapte).

Modicări la alternatoarele auto

Rebobinaţi bobinele stator cu mai multe spire, pentru a funcţiona la aceeaşi tensiune, dar la o viteză mică. Analizaţi bobinele existente în timp ce le scoateţi. Înfăşuraţi înlocuitorii cu sârmă emailată 70% din diametrul iniţial şi rotiţi cât încape, ceea ce ar insemna mai mult decât dublul. Acum, alternatorul se va întrerupe la o viteză acceptabilă pentru transmitere directă printr-un rotor de diametrul 1.5 m, dar puterea nominală şi eficienţa vor fi reduse.

De asemenea, este posibil să modificaţi rotorul prin montarea de magneţi permanenţi. Va fi mai eficient şi simplu, dar puterea nominală va fi mai joasă.

Alternatoare cu magneți permanenți

Alternatoarele cu magneţii permanenţi au caracteristici similare cu alternatoarele auto (de mai sus), excepţie făcând faptul că nu au bobine de câmp. Acestea reprezintă cea mai bună alegere de generator pentru o eoliană de scală mică, pentru că sunt simpli şi eficienţi. Magneţii de pe rotor nu au nevoie de perii sau arcuri, iar singurele piese care se pot uza sunt reazemele. Nu este necesară excitarea câmpului de către curent, astfel că pierderile sunt minime în cazul vânturilor domoale.

O problemă o reprezintă faptul că sunt greu de găsit. Mai jos găsiţi câteva posibile surse (şi dezavantajele lor):

- Excitatori pentru generatori sincroni fără perii (au un preţ ridicat).
- Alternatori de biciclete şi motociclete (au puterea maximă joasă). Cele de bicicletă sunt folositoare pentru mini eoliene (5 waţi), deoarece au o viteză mică de operare, dar alternatorii de motocicletă sunt creaţi pentru turaţii ridicate şi nu sunt uşor de adaptat pentru transmisie directă.
- Aparate de sudare „Mighty Midget”.
- Fabricanţi chinezi de turbine eoliene mici. Căutaţi pe internet. O variantă ieftină, dar nu şi foarte sigură.

Motoare folosite ca generatoare

După cum am menţionat mai sus, motoarele şi generatoarele sunt foarte asemănătoare şi interschimbabile, de multe ori, având parte de foarte puţine modificări, sau uneori de niciuna. Motoarele, de fapt, generează tot timpul tensiune când funcţionează. Această tensiune, cunoscută ca forţa electromotoare, este mai mai mică decăt tensiunea de alimentare, astfel că randamentul net îl reprezintă faptul că un curent va continua să circule de la alimentare la motoare. Pe măsură ce motorul capătă viteză, forţa electromotoare creşte, curentul de alimentare scade, iar astfel motorul este stabilizat la viteza impusă de tensiunea de alimentare.

Diferenţa dintre motor şi generator stă în viteză. Să spunem că luăm un dinam pe care îl conectăm la o baterie de 12 volţi. Se va produce o viteză de cuplare la care alternatorul respectiv va genera exact 12 volţi. Dacă impuneţi o rotaţie mai mare, va produce mai multă forţă electromotoare, cauzând circulaţia curentului în baterie. Dacă îl încetiniţi, va produce mai puţin, permiţând curentului să circule din baterie în motor. Acelaşi principiu se aplică la motoarele cu curent alternativ. De fapt, majoritatea turbinelor eoline mari, conectate la reţea, folosesc motoare de inducţie (vezi mai târziu) ca generatori. Dacă există doar un vânt slab, atunci alternatorul va tinde să penduleze înainte şi în spate, între motor şi generator, chiar într-o manieră lină şi firească. Sistemul de control al eolienei se conectează şi deconectează de la reţea, la o viteză a vântului dată pentru un randament maxim.

Motoarele cu magneţi permanenţi

Ştergătoarele de parbriz şi ventilatoarele de motor de la automobile sunt în principal de tipul comutatorului, având magneţi permanenţi. De obicei, viteza este prea mare pentru a fi folosite practic în cazul eolienelor, dar pot fi folosite pentru eolienele de jucărie, în vederea operării cu tensiuni joase. Unele dintre motoarele de pornire din zilele noastre au magneţi permanenţi, însă periile sunt create pentru perioade de operare scurte. Motoarele de pornire mai vechi au bobinaje de câmp în serie neadecvate.

Există şi motoare mari de curent direct cu magneţi permanenţi, cu viteză mică şi eficienţă mai mare. Multe dintre acestea au comutatori şi se comportă destul de asemănător cu dinamurile (mai sus). Dacă găsiţi un astfel de motor la un preţ mic (cum ar fi motoarele rebut de la maşini de spălat), atunci este recomandabil să îl folosiţi la o eoliană. Încercaţi să evitaţi curenţii înalţi care ar putea supraîncărca şi distruge comutatorul.

Motoare de curent continuu fără perii

În zilele noastre se pot găsi servomotoare cu magneţi permanenţi cu viteză mică şi fără perii, care sunt perfecte pentru a fi folosite drept generatoare pentru minieoliene. Motoarele

fără perii sunt ca şi alternatoarele cu magneţi permanenţi. Pentru a funcţiona ca motoare, trebuie alimentate cu curent alternativ în fază cu rotaţia. Acesta este produs prin invertori speciali. Greutatea mică se obţine prin folosirea unor magneţi scumpi, numiţi „lantanide”, care produc în motor o densitate de câmp foarte mare.

Domeniul de aplicare include instrumente de alternatoare, roboţi, echipament militar şi medical. Cum aceste obiecte se găsesc la fier vechi, ele sunt ieftine, iar motoarele de curent continuu fără perii pot fi achiziţionate, de asemenea, de către cei care ştiu unde să le caute. În zilele noastre, chiar şi unele maşini de spălat sunt construite cu motoare de curent continuu fără perii.

Motoare de inducție

Cunoscute şi sub denumirea de „motor asincron”, acestea sunt printre cele mai comune şi mai usor de găsit motoare, dar şi cele mai greu de înţeles. Preţul de producţie este ieftin, nu au perii, iar menţinerea lor nu este costisitoare. Un motor de inducţie are toate bobinajele pe stator. Statorul este de fapt foarte asemănător cu cel al alternatorului, având miezul alcătuit dintr-o stivă de laminaţii. Rotorul este un cilindru simplu din oţel laminat având încastrată o „înfăşurare într-o colivie de veveriţă” din bare de aluminiu, cu un inel de aluminiu în capătul fiecăreia. Curentul de câmp este indus în aceste bare de către curenţii din bobinajele din stator, dar o explicaţie mai cuprinzătoare nu face scopul acestei cărţi. E de ajuns să spunem că, deşi nu există perii sau bobine de câmp, alimentarea statorului cu curent de câmp este totuşi necesară sub forma unui curent „reactiv” defazat.

Când motoarele de inducţie sunt folosite ca generatoare de sine stătătoare, acestea pot fi autoexcitate prin folosirea condensatorilor electrici. Această îndeletnicire necesită multă iscusinţă. O carte foarte bună pe acest subiect este „Motoare folosite ca generatoare pentru micro putere hidraulică”, editura IT (disponibilă în librăriile CAT). Eolienele constituie un caz mai dificil decât hidraulicele, pentru că puterea şi viteza variază foarte de mult, însă nu înseamnă că această practică este imposibilă. Faptul că motoreductoarele sunt disponibile la preţuri mici şi mărimi diferite, facilitează construirea unei astfel de eoliene. Motoarele de randament maxim îşi merită investiţia mai mare.

Construirea de la zero a unui alternator cu magnet permanent

Dacă preţul unui alternator cu magnet permanent este inabordabil, atunci veţi găsi opţinea de a vă construi propriul alternator ca fiind una foarte practică. Veţi găsi aici câteva sugestii.

Magneții ceramici

Materialele de fabricare a magneţilor permanenţi au avansat în ultimii ani. Există o diversitate destul de mare, precum ceramică, aliaje, lantanide, toate superioare oţelului din care se făceau vechii magneţi. Cei mai ieftini şi mai usor de folosit sunt magneţii din ceramică, alcătuiţi din ferit.

Fig. 5.20 Câmpul axial versus câmpul radial

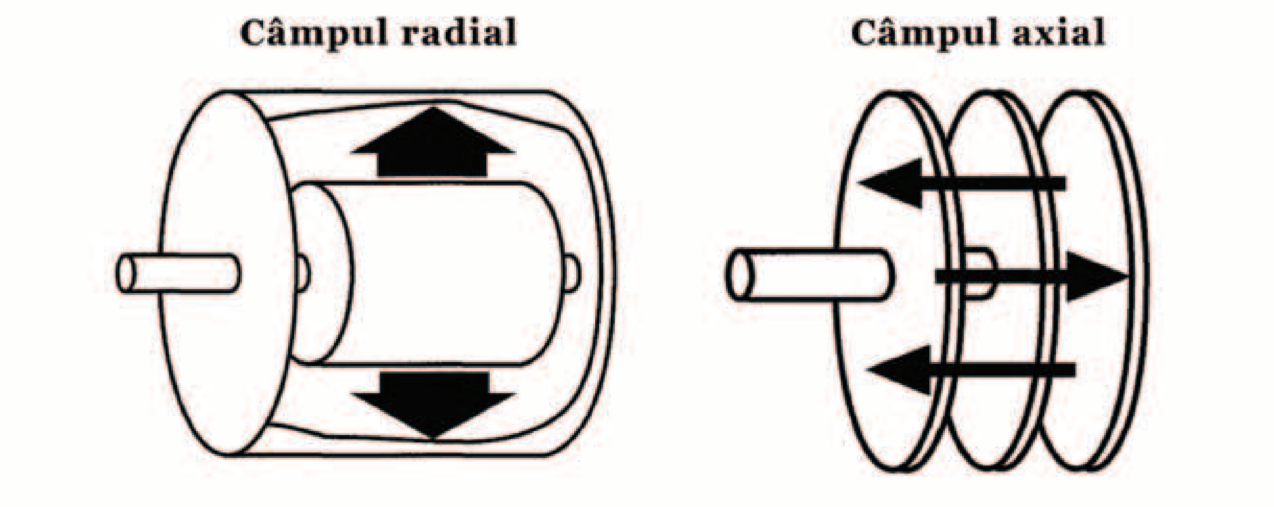


Fig. 5.20 Săgeţile arată direcţia câmpului magnetic

Alţi magneţi au o densitate de câmp mai mare şi o greutate mai mică, dar feritul este relativ ieftin şi stabil. Optaţi pentru materialele numite Feroba 3, sau Ferroxdure 330, în funcţie de producător.

Producătorii pot oferi cataloage cu mărimile standard de blocuri de magneţi. De asemenea, ei pot să taie blocurile la cererea dumneavoastră şi să vi le furnizeze gata premagnetizaţi. Ei sunt tăiaţi cu o lama diamant de ferăstrău. După aceea, veţi putea să îi şlefuiţi cu un disc de fasonare.

Pentru a construi un alternator, veţi avea nevoie să găsiţi un dispozitiv potrivit, cu rotor şi stator. Lipiţi magneţii de rotor, astfel încât circuitul magnetic să poată trece prin bobinele pe care le-ati bobinat şi fixat de stator (vezi Fig. 5.3). Circuitul magnetic trebuie să fie făcut din material adecvate. Oţelul sau fierul turnat sunt o alegere bună pentru rotor, dar miezul statorului (dacă există) trebuie laminat. Aluminiul şi plasticul nu sunt adecvate pentru circuitul magnetic.

Nu există un număr limitat de variaţii ale formelor dispozitivului la care visaţi. Ei pot fi clasificaţi în alternatoare cu câmp radial, sau axial, în funcţie de direcţia câmpului în spaţiul liber (Fig. 5.20).

Alternatoarele cu câmp radial

Majoritatea alternatoarelor electrice au câmp radial asemănator cu cel din figura 5.4. Alternatorul de maşină şi motorul de inducţie sunt alte exemple de acest gen. Puteţi să le convertiţi în alternatoare cu magnet permanent prin fixarea magneţilor pe rotoare, folosind un număr mare de blocuri de magneţi dreptunghiulari pentru a crea o aproximare de cerc. Desene mai detaliate sunt de asemenea disponibile.

Fig. 5.21 Laminaţii pentru alternatori

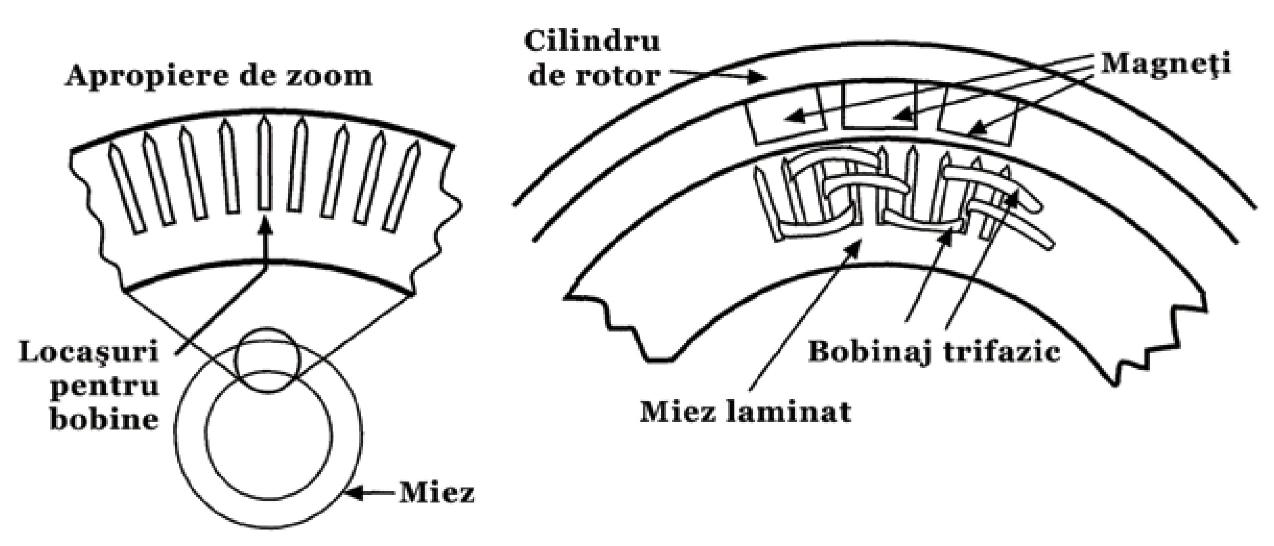


Fig. 5.21 Cele mai bune tipuri de laminaţii pentru alternatorii cu tranziţie direct

Câţiva producători de eoliene din Olanda folosesc motoarele de inducţie ca bază pentru alternatoare. Ei folosesc mulţi poli şi înfăşoară statorul cu mult mai multe bobine decât în cazul unui motor cu inducţie. Cea mai mare problemă cu această ansamblare este faptul că blocurile de magneţi sunt afectate de forţele centrifuge, combinate cu variaţii mari şi frecvente de temperatură. Aceste condiţii impun o exigenţă mai mare faţă de lipici.

Celălalt ansamblu de câmp radial presupune montarea externă a rotorului. Cele două mari avantaje ale ansamblării cu transmitere directă le constituie faptul că forţele centrifuge acţionează asupra magneţilor presându-i pe rotor, şi nu trăgându-i de pe rotor, precum şi faptul că puteţi folosi tamburul de frână, sau chiar roata unui vehicul, drept rotor. Reazemele roţilor de maşină sunt ieftine şi destul de solide pentru a susţine lamele rotorului prinse în butuc.

Pentru a construi un stator pentru alternator avem nevoie să găsim un miez laminat, pe care să fixăm bobinele de ieşire. Exteriorul miezului trebuie să se apropie de faţetele magnetului, lăsând doar un mic spaţiu liber pentru trecerea câmpului. Un spaţiu liber mai mare înseamnă densitate de câmp mai mica, dar în cazul magneţilor cu ferit, se va produce doar o mică pierdere din randament, dacă spaţiul liber este de un milimetru. Avantajul unui

spaţiu liber mare este că riscul ca rotorul şi statorul să aibă contact, cum se întâmplă de obicei datorită reazemelor slabe sau deformate, este mai mic.

Figura 5.21 arată cel mai bun tip de laminaţii pentru un astfel de alternator. Totuşi, acestea sunt greu de găsit în zilele noastre. Majoritatea motoarelor care se pot găsi la fier vechi sunt motoarele de inducţie cu locaşuri în interiorul miezului. Dar există încă furnizori specializaţi în laminaţii, sau în statoare integrale pentru alternatoare cu magnet permanent, făcute manual.

Figura 5.22 ilustrează o abordare alternativă, prin folosirea laminaţiilor dintr-un motor de inducţie comun. De exemplu, un butuc de frână de 254mm sarcină, aparţinând unei dube cu roţi cu tracţiune pe spate (de exemplu, Ford Transit), poate fi folosit cu blocuri de magneţi lipiţi în strat de 20mm în interior, după cum se vede mai sus şi un strat de laminaţii de 203mm de la un motor electric. Spaţiul liber creat (de aprox. 5mm) este destul de mare cât să permită lipirea bobinelor pe suprafaţa stivei de laminaţii în spaţiul liber, aşa cum este el. Există schiţe detaliate pentru această metodă.

Această asamblare este mai puţin eficientă decât ar fi cea a unui alternator cu locaşuri ale laminaţiilor externe, deoarece există mai puţin spaţiu disponibil pentru bobinaje şi pentru că se produce o scurgere mai mare de câmp de la magneţi de la un pol la altul, fără a străbate nici un fir. Pe de altă parte, această ansamblare este foarte eficientă în cazul unei puteri nominale joase (în timpul vânturilor uşoare). Pierderile în fier sunt mai mici decât în cazul locaşurilor de laminaţii externe, nu există dinţare, iar demarorul e mai uşor.

Fig. 5.22 O abordare alternativă

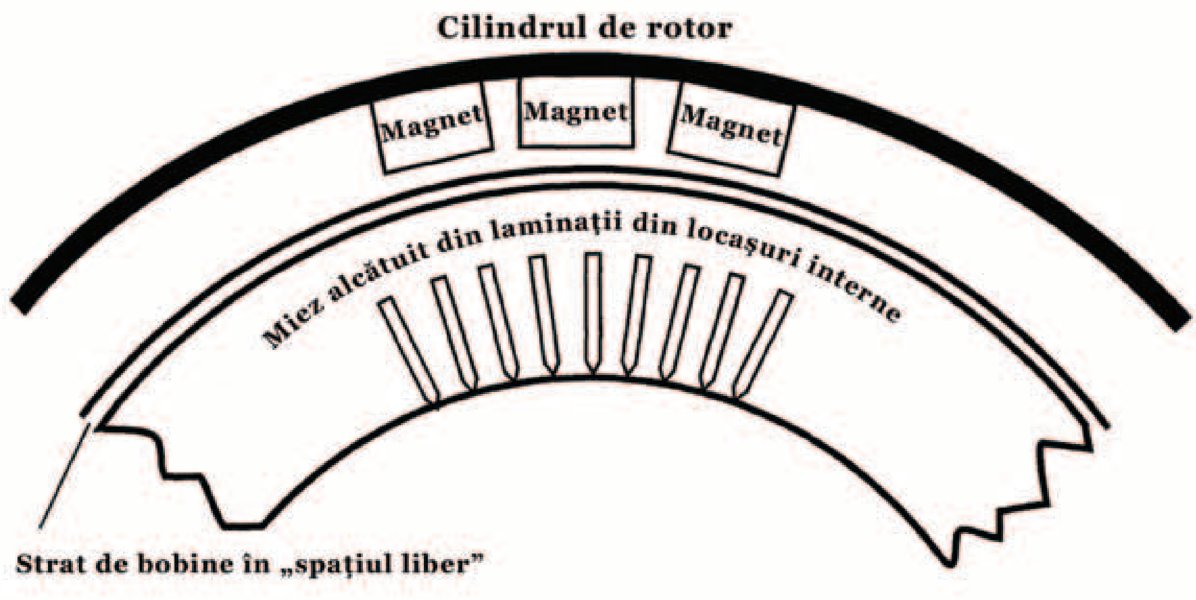
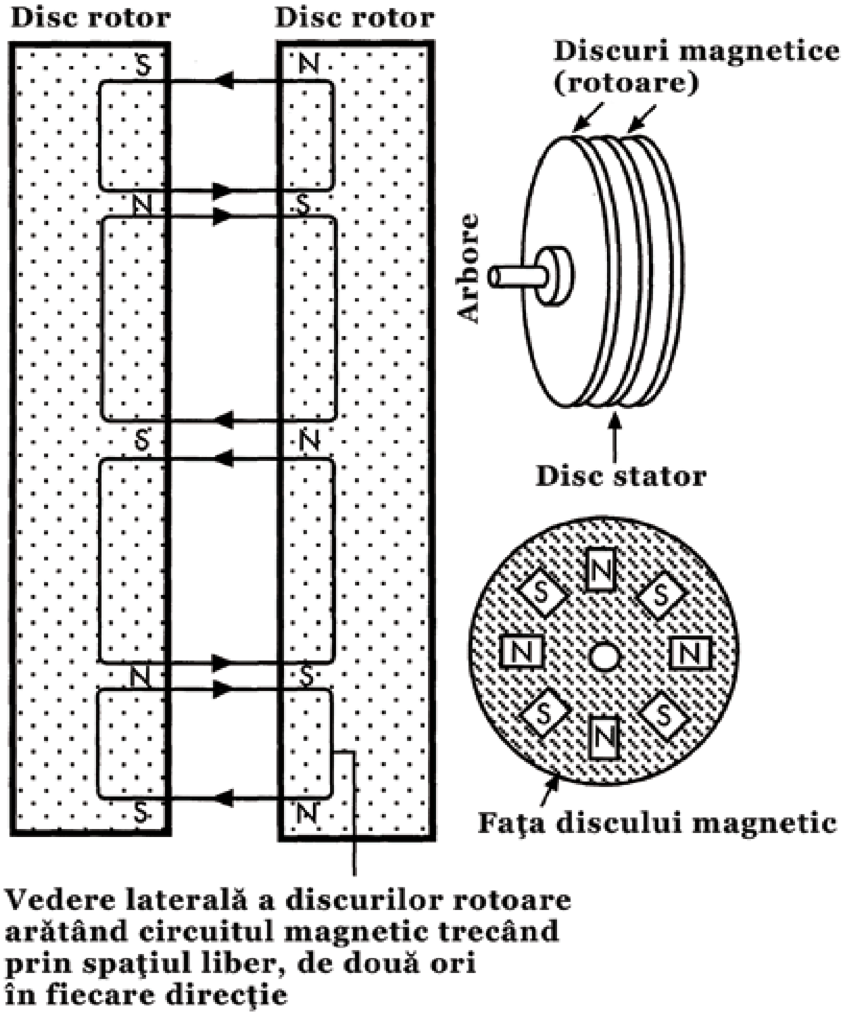


Fig. 5.23 Un alternator cu spaţiu liber



Alternatoarele cu câmp axial

„Câmpul axial" presupune că liniile de câmp care străbat spaţiul liber sunt paralele cu axul arborelui, comutând de la un disc la altul (Fig. 5.20, pagina 77). Cel mai comun tip de alternator cu câmp axial este alternatorul cu „spaţiu liber", folosit (de exemplu) pentru eolienele Rutland.

Figura 5.23 descrie discurile de magnet ale unui alternator cu spaţiu liber, văzut de sus. Există două discuri cu mai mulţi poli (8 sau mai mulţi), fiecare în faţa celuilalt. Polul nord de pe un disc este în faţa polului sud de pe celalalt disc (şi invers). Câmpul trece prin spaţiu în ambele direcţii. Inelele magnetice acustice mari sunt deseori folosite, magnetizate cu mulţi poli prin folosirea unui şablon special. Pe de altă parte, puteţi să lipiţi blocurile de ceramică premagnetizate de faţetele de oţel ale discurilor. Un avantaj al acestui tip de ansamblare îl constituie blocurile de magnet care acţionează ca nişte palete de ventilator, ajutând aerul să circule prin stator şi să îl răcească.

Fig. 5.24 Conexiuni de bobină

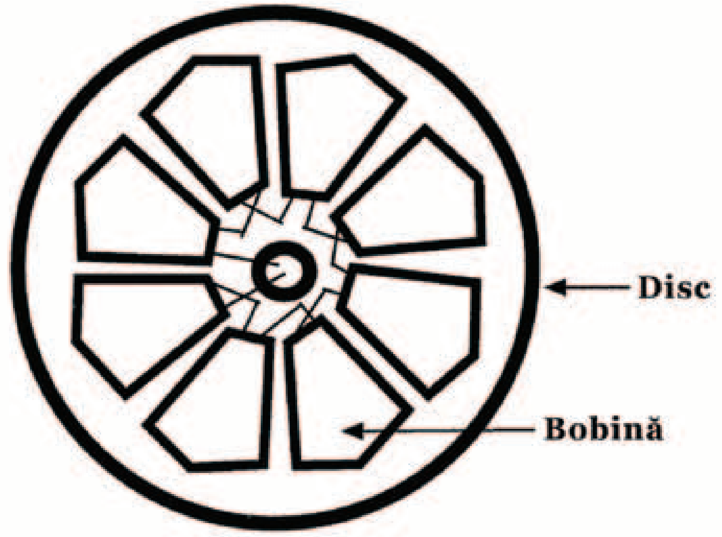


Fig. 5.24 Conexiuni de bobine în serie într-o singură fază de stator de disc de tip „spaţiu liber". Fiecare a doua bobină are conexiunile inversate.

Discul stator se află în spaţiul dintre cele două discuri de magnet. El este constituit dintr-un set de bobine încastrate în răşină (este utilă răşina de poliester, folosită în construcţia fibrelor de sticlă). În cazul versiunei cu monofază, există o singură bobină pe stator pentru fiecare pol de pe discul magnetic. Bobinele pot fi conectate în serie pentru a produce tensiune mai mare, dar la fiecare a doua bobină conexiunile trebuie inversate, deoarece direcţia câmpului alternează (Fig. 5.24).

De asemenea, este posibil să construim o versiune trifazică. Există trei bobine la fiecare patru poli (de exemplu, şase bobine la opt poli). Fiecare a treia bobină este conectată în serie pentru a alcătui un grup fazic (în acest caz, nu mai e nevoie de inversiune). Uniţi capetele de început de la toate cele trei grupe fazice şi folosiţi cele trei ieşiri ca ieşire a redresorului (vezi de asemenea Fig. 5.11, „conexiune în stea").

Chiar şi având un alternator cu „spaţiu liber", puteţi alege între montarea rotorului pe arbore sau pe carcasă (Fig. 5.25). De obicei, alternatoarele cu câmpul axial au „transmisia prin carcasă", dar aceasta nu e cea mai bună ansamblare, deoarece discul stator este susţinut doar în centru, unde se poate scoroji şi crăpa uşor. Configurarea transmisiei prin arbore este mai robustă.

Alternatorul cu „spaţiul liber" nu are laminaţii în el, prin urmare:

- nu există pierderi în fier;
- nu există dinţare şi minimum de moment de demarare necesar;
- puteţi să construiţi unul fără a avea nevoie de laminaţii.

Pe de altă parte, discul stator subţire este dificil de răcit, astfel că există un risc mai mare de supraîncărcare.

Fig. 5.25 Alternatoare cu „spaţiul liber”

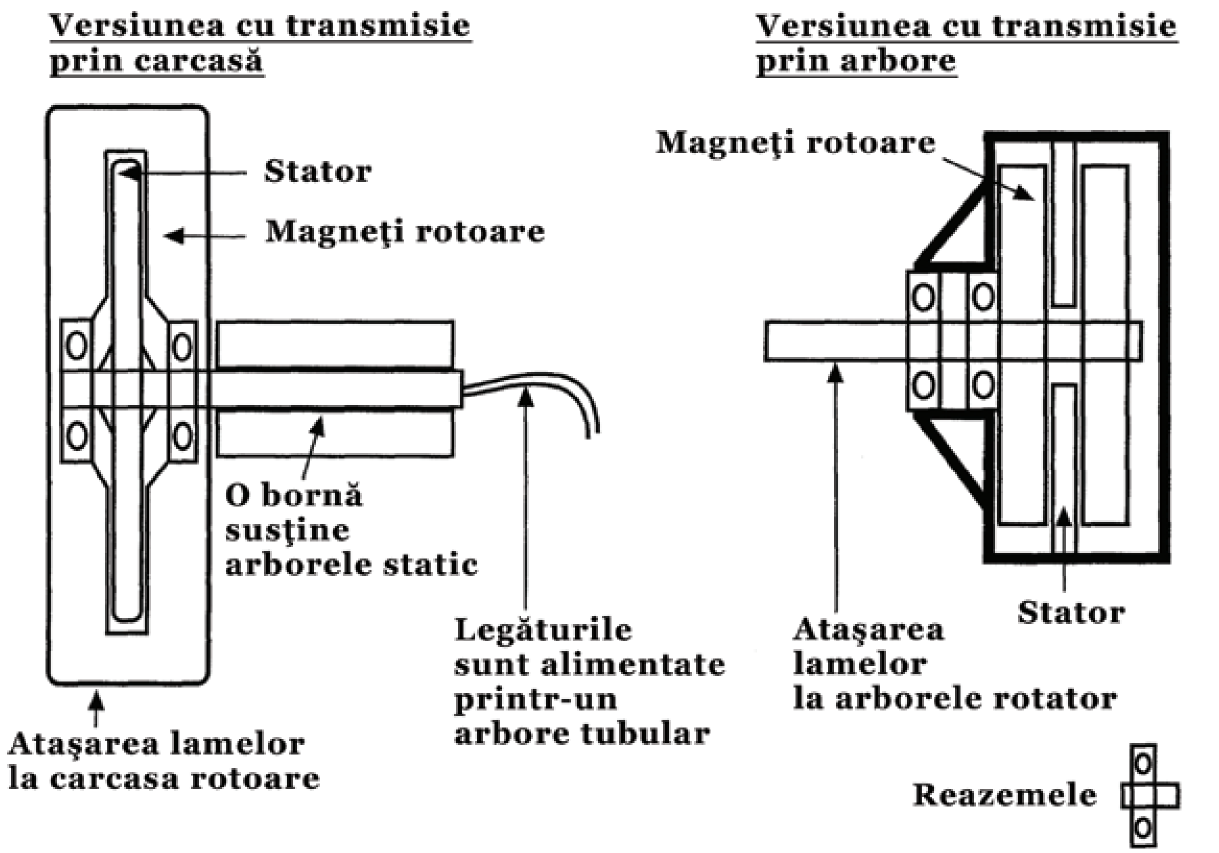


Fig. 5.25 Ansambluri de transmisie pentru alternatoare cu „spaţiu liber”. Vederea secţiunii celor două tipuri

Sugestii de proiectare

Există numeroase schiţe de eoliene disponibile, dar pentru cei care vor să îşi proiecteze propriul alternator folosind materialele disponibile şi inspiraţia, aici sunt câteva sugestii.

Diametrul spaţiului liber

Cea mai bună formă pentru un alternator cu viteză mică este cea „corpolentă”. Cercul înscris de spaţiul liber ar trebui să fie mare. Mărind diametrul, va creşte şi viteza la care magneţii trec prin bobine. Aceasta îmbunătăţeşte eficienţa masei magneţilor şi bobinelor, la o turaţie data.

Limita „corpolenţei” pe care poate să o adopte forma alternatorului apare atunci când rotorul nu mai poate fi suficient de rigid pentru a preveni contactul cu statorul. Forţele

magnetice, cele de rotaţie şi reazemele libere sunt factori care constribuie la apariţia acestui risc. În plus, frecvenţa de operare limitează diametrul.

Numărul de poli

Dacă spaţiul liber este mare, atunci există suficient spaţiu pentru numeroşi poli. Numărul de poli pentru care optaţi este în mod justificat arbitrar, deoarece un număr mic de poli cu diametrul mare va trimite cu foarte puţin mai mult câmp magnetic prin bobine decât polii cu diametrul mai mic, atunci când sunt mai mulţi. Randamentul optim pentru fiecare alternator depinde de următorii factori:

- frecvenţa depinde de numărul de poli. O frecvenţă mare (mai mulţi poli) este utilă în cazul în care folosiţi transformatoare, însă provoacă de asemenea mari pierderi în fier;
- pierderile în cupru depind de lăţimea bobinelor şi sunt nesemnificative când polii sunt mai mici;
- o parte din câmp nu reuşeşte să treacă prin stator, dar sare la polul alăturat. Cantitatea de câmp magnetic pierdută în această manieră este mai mare când există mulţi poli şi un spaţiu liber cu diametru mare;
- dacă faţetele polilor sunt largi, circuitul magnetic trebuie să fie mult mai trainic pentru a conduce mai mult flux, fără a satura.

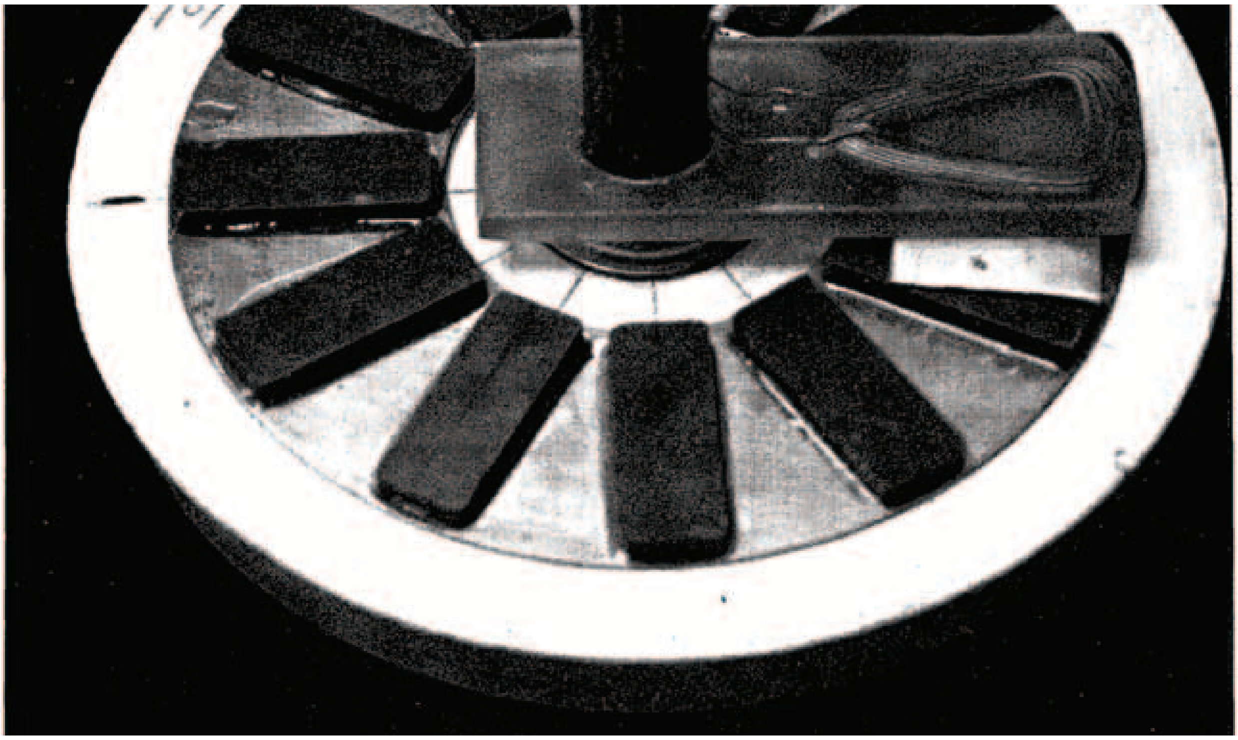
Forma bobinelor

Forma bobinei ar trebui să fie în aşa fel încât, la fiecare trecere a polului prin ea, cea mai mare parte din câmp să se conecteze prin ea. Grosimea bobinei va varia în funcţie de spaţiul disponibil. De exemplu, bobinele dintr-un alternator cu „spaţiu liber” ar avea aceeaşi grosime ca şi discul stator. Bobinele dintr-un miez laminat trebuie proiectate astfel încât să se potrivească în locaşuri şi ţinând cont de izolatoare. Dacă bobinele se suprapun (ca în majoritatea cazurilor de bobinaj trifazic), trebuie să asiguraţi destul spaţiu de mişcare.

Numărul de rotații

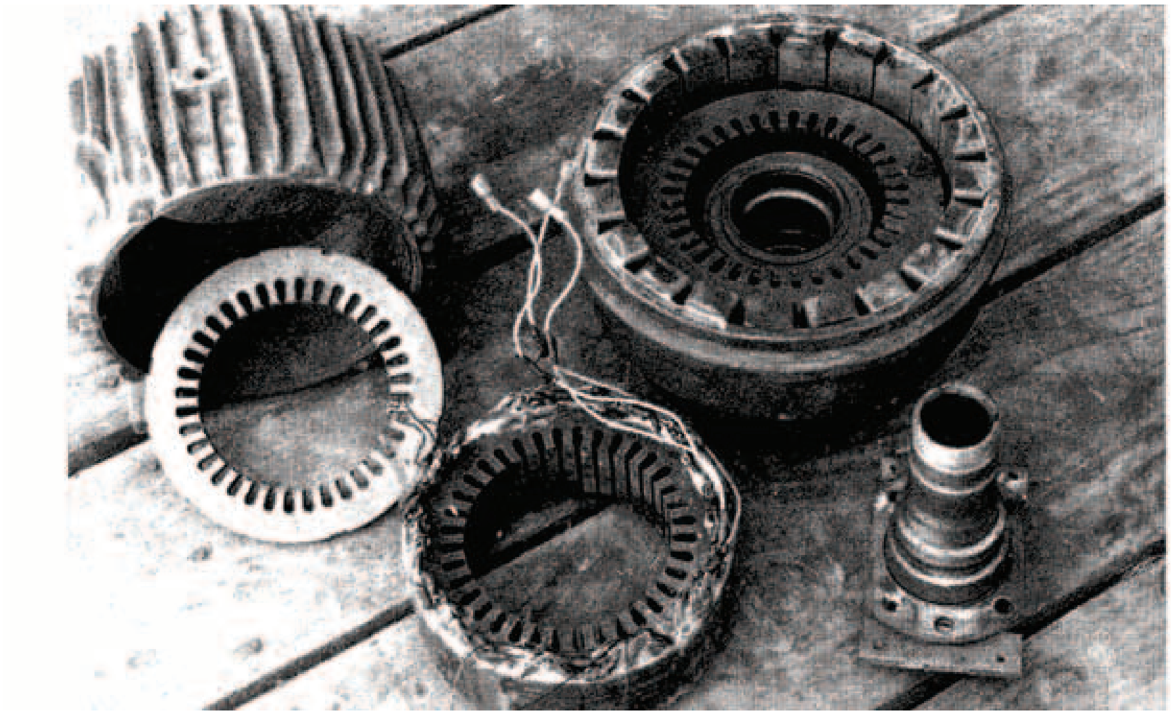
Acesta trebuie ales în funcţie de tensiunea şi turaţia dorită. Tensiunea/viteza de efectuare nu e uşor de prezis, în special dacă modelul nu mai fost încercat înainte.

Un alternator cu câmp axial



Magnetul rotor și o bobină de unică folosință pentru un alternator cu câmp axial (Construit de Eric Archbold)

Un alternator cu tambur de frână



Bucăți dintr-un alternator cu tambur de frâna făcut manual

Pentru numărul de rotaţii de bobină care produce 12 volţi de cuplare la o turaţie dată, vedeţi ecuaţiile pentru formula „regulii degetului mare”. Împărţiţi aceste rotaţii la bobinele din conexiunile paralele.

Dacă viteza de cuplare se dovedeşte a fi prea mică, sau tensiunea este prea mare, puteţi reconecta bobinele în triunghi, sau în paralel. Totuşi, este mai bine să folosiţi un înlocuitor de bobinaj cu înfăşurări mai mici. Bobinajele în triunghi sau în paralel pot fi afectate de curenţi paraziţi, sau „armonici”, care circulă între o bobină şi cealaltă.

Grosimea firului

Folosiţi cel mai gros fir care poate fi uşor fixat în spaţiul disponibil, spre a minimiza pierderile în cupru. Dacă firul gros e prea rigid, puteţi folosi două sau mai multe fire subţiri, legate împreună.

Spre deosebire de cabluri, firele de bobinare nu au un curent specific care să poată fi purtat fără supraîncălzire. Aceasta pentru că răcirea depinde în mod integral de geometria bobinajului. Dacă statorul are o suprafaţă largă şi o ventilaţie bună, va putea disipa mai multă căldură înainte de a atinge temperatura unde izolaţia este afectată.

Folosiţi formula pentru prezicerea pierderii în cupru a firelor (vezi Appendix) şi pentru a estima fracţia puterii care se pierde în bobinaje. Verificaţi apoi dacă eficienţa este acceptabilă, adică peste 50%, să spunem. Puteţi, de asemenea, să verificaţi cât curent poate duce statorul, printr-un test de referinţă al curentului care trece prin el şi măsurând gradul de ridicare al temperaturii. O răcire e deseori preferabilă la eoliene.

Concluzie

Generatorul este „inima” unei turbine de vânt şi cea mai dificilă parte de obţinut. Cu un generator bun sunteţi deja aproape de finalizare. Informaţiile din următoarele capitole vă vor ajuta să construiţi paletele. După cum veţi vedea în următoarele capitole, veţi avea de asemenea nevoie de comenzi bune pentru a eficientiza cel mai bine generatorul.

ŞASE

SISTEME DE CONTROL MECANICE

Pe lângă rolul principal de transformare a energiei eoliene în energie electrică, turbina eoliană trebuie adaptată la condiţiile de mediu. Aceasta trebuie amplasată în direcţia vântului. De asemenea, trebuie protejată de vânturile violente care au o intensitate mai mare decât viteza nominală. Adaptarea trebuie să se realizeze în mod automat, nefiind realist să ne aşteptăm ca în zilele noastre cineva (sau chiar dumneavoastră) să o poată supraveghea în permanenţă. Mai devreme sau mai târziu, o vijelie va lovi atunci când nu sunteţi de faţă.

Turbinele eoliene mai mari au sisteme de control computerizate ccre acţionează servomotoarele, motoarele hidraulice şi tot felul de mecanisme. La o instalaţie de o asemenea dimensiune, un astfel de sistem, precum şi întreţinerea acestuia, sunt economice. Aceeaşi abordare ar putea funcţiona şi în cazul unei turbine eoliene mai mici, însă costurile ar fi prea ridicate. Problemele legate de fiabilitate ar fi aspectul cel mai neplăcut al costurilor.

Turbinele eoliene mici necesită, pe cât posibil, sisteme de control simple şi pasive. Va trebui să luaţi mereu în considerare că orice parte mobilă se va gripa, sau uza, la un moment dat. Orice lucru care vibrează, o face până când va ceda. Descărcările electrice pot lovi oricând, iar în unele locuri, aceste fenomene sunt dese. Dacă există un spaţiu unde apa s-ar putea infiltra, atunci cu siguranţă o va face, iar de multe ori se va infiltra în locurile extrem de greu de pătruns. Simplitatea este deosebit de importantă. Perfecţiunea nu reprezintă stadiul în care nimic nu mai trebuie adăugat, ci mai degrabă, în care nimic nu trebuie înlăturat.

Realizarea de controale corespunzătoare poate creşte considerabil puterea de producţie a unei turbine eoliene, ajutând-o să îşi atingă capacitatea maximă şi păstrând-o eficientă pe orice vreme. Mecanismele de oprire sunt câteodată uşor de proiectat, însă sistemele care menţin turbina eoliană în producţie deplină, în timpul condiţiilor nefavorabile, sunt mult mai bune.

În direcţia vântului

Majoritatea turbinelor eoliene cu capacitatea sub 10 kW necesită o coadă care le ajută să-şi menţină orientarea în direcţia vântului. Mecanismele cu axul vertical nu pot fi orientate în direcţia vântului (acestea nu au „faţă”). Câteva turbine eoliene cu ax orizontal pot funcţiona

în amonte, însemnând că nu va necesară, nici convenabilă, utilizarea unei cozi. Însă turbinele eoliene mici cu ax orizontal au nevoie de coadă.

Proiectarea cozii

Orice turbină eoliană cu ax orizontal conţine un rulment de orientare a nacelei pe care aceasta este poziţionată, conferindu-i astfel mişcarea de rotaţie. Linia verticală care trece prin centrul acestui rulment este cunoscută sub denumirea de „axul sistemului de pivotare". Coada acestuia ia forma unei giruete montate pe braţul nacelei. Girueta are rolul de a se orienta după direcţia vântului, rotind nacela şi comandând mişcarea axului sistemului de pivotare după direcţia vântului.

Gradul momentului de rotaţie (vedeţi Glosarul pentru definiţia momentului de rotaţie) pe care coada o va produce va depinde de factori ca:

- Frecarea rulmentului de orientare
- Forţele aerodinamice asupra rotorului (forţa de împingere, forţele cu orientare proprie)
- Tendinţa centrului de greutate de se lăsa în jos în cazul în care care pilonul nu este complet vertical

Momentul de orientare a nacelei realizat de coada acesteia reprezintă forţa laterală asupra giruetei, înmulţită cu lungimea braţului. Un braţ mai lung va compensa o girueta mai mică. Forţa laterală asupra giruetei va depinde de aria acesteia şi de viteza vântului (ridicate la pătrat). Pentru detalii, vedeţi Ecuaţiile.

Ca o formulă aproximativă, lungimea braţului propriu-zis ar trebui să fie egală cu lungimea unei palete, adică jumătate din diametrul rotorului, conţinând o giruetă centrată la capăt. Folosirea unei traverse sau a unui element de rigidizare ar putea fi utilă, în funcţie de rigiditatea giruetei.

Aria giruetei va depinde de rolul acesteia. Dacă rulmentul sistemului de orientare este foarte mobil, iar rotorul este montat central pe turbină, iar pilonul este vertical, atunci girueta poate fi destul de mică. Giruetele sunt rar mai mici de 3% ($^{1}/_{30}$) din aria parcursă de rotor.

Spre exemplu, un rotor cu un diametru de 2 metri va avea o arie de parcurs de aproximativ 3 metri pătraţi, aşadar girueta va avea o arie de minimum 0.1 metri pătraţi. Aceasta ar însemna o giruetă de 300mm pătraţi. (Luaţi în considerare că veţi avea nevoie de o giruetă mai mare pentru o turbină eoliană cu protecţie la supraturaţie; vedeţi mai târziu.)

O giruetă subţire este ceva mai eficientă decât una lungă şi joasă, însă forma nu influenţează aproape deloc rolul acesteia. „Aspectul" este însă important. În cazul în care sunteţi o persoană cu un simţ tehnic mai dezvoltat decât cel artistic, atunci ar fi înţelept să apelaţi la ajutor pentru acest aspect. Vedeţi imaginea 6.1 pentru câteva idei.

Fig 6.1 Modele de giruete

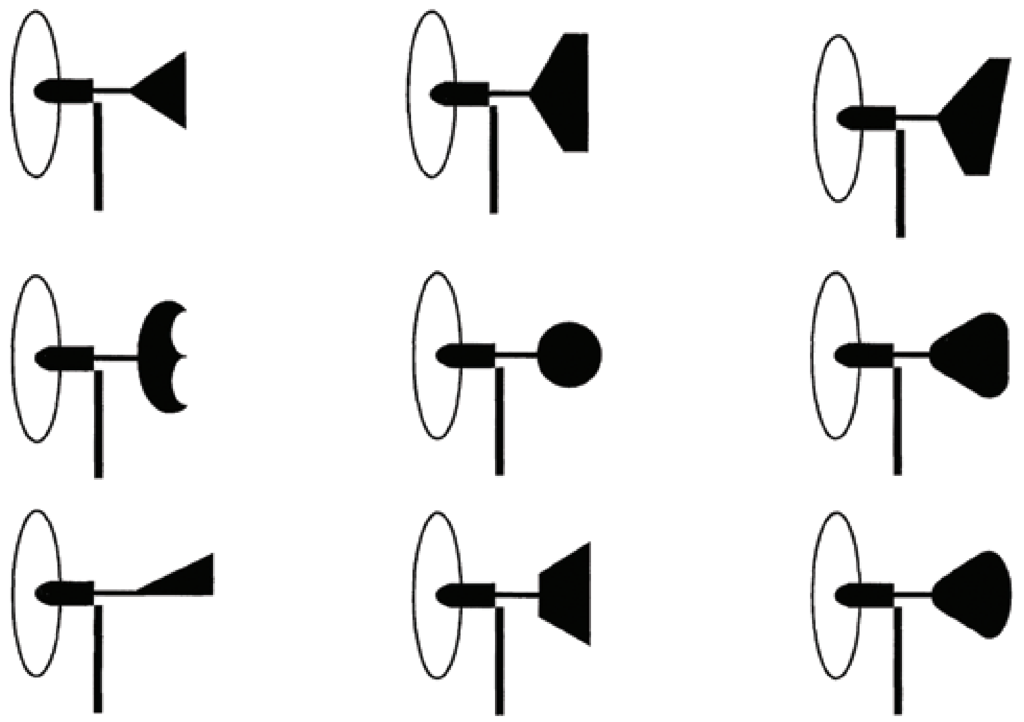


Fig 6.1 Câteva idei de modelare a giruetei.

Tăiaţi girueta din orice tip de tablă, însă aveţi grijă cu materialele subţiri şi fragile, precum tabla din aluminiu. Girueta realizată din foaie de furnir este una foarte rezistentă.

În mod surprinzător, cozile sunt foarte predispuse să cadă, deoarece acestea captează vibraţiile produse de turbina eoliană şi rezonează cu acestea. Să nu subestimaţi niciodată efectele acestei mişcări continue. Rafalele de vânt, în combinaţie cu oscilaţiile rotorului şi vâjâitul generatorului, se adaugă la lista lungă de forţe mecanice excedentare care acţionează asupra cozii. Pentru siguranţă, coada şi închiderile acesteia trebuie să fie stabile.

Mecanismele de rotaţie

Turbinele eoliene mai mari utilizează metode diferite pentru a se orienta în direcţia vântului. La vechile mori de măcinare a porumbului, rotaţia era cunoscută ca „schimbare a direcţiei prin vânt” şi la început se realiza manual, ca orice altceva. Morile de vânt aveau o pârghie lungă, care se prelungea din spate până la pământ. Morarul folosea o manivelă simplă pentru a manevra pârghia în poziţia cea mai bună. Chiar şi astăzi, o ţeavă de o anumită lungime, prinsă de spatele turbinelor prototip, reprezintă, pe termen scurt, un sistem excelent de control. În cazul în care rotorul îşi pierde direcţia, îl puteţi controla rotindu-l manual în afara direcţiei vântului. Este recomandată folosirea căştilor de protecţie pentru această operaţiune, în cazul în care cad anumite bucăţi în timpul acestui proces!

La jumătatea secolului al 18-lea, odată cu apariţia unor mecanisme de acţionare mai ieftine, a fost introdus „evantaiul" la morile de măcinat porumb. Acest evantai este instalat în spatele morii, în unghiuri drepte. Evantaiul este conectat printr-un şir de mecanisme de acţionare şi lanţuri la o roată dinţată, care roteşte corpul principal al morii în poziţia corectă atunci când vântul bate dintr-o parte. „Evantaiul" foloseşte un mecanism cu roţi dinţate, funcţionând încet şi sigur, ceea ce este perfect.

Evantaiele au fost înlocuite cu sisteme de acţionare electrice sau hidraulice, folosite la turbinele eoliene moderne, însă simplitatea lor reprezintă un avantaj enorm. Spre exemplu, acestea sunt încă populare la sistemele autonome, unde nu există o altă sursă de energie pentru a acţiona motorul de rotaţie, înainte ca turbina să pornească.

Evitarea suprasolicitării

Nu este nici economic, nici înţelept, să montaţi în cadrul turbinei eoliene un generator suficient de mare care să poată transforma în curent electric toată energia produsă de cel mai puternic vânt întâmpinat. În cazul în care energia nu este preluată în totalitate, atunci rotorul va avea o turaţie prea mare, rezultând forţe centrifuge excesiv de ridicate şi zgomote şi vibraţii inadmisibile – creând, cu alte cuvinte, o situaţie periculoasă. Dacă diametrul rotorului este mai mare de un metru, va trebui să luaţi măsuri pentru a preveni această turaţie ridicată.

O metodă ar fi folosirea „frânelor aerodinamice" acţionate în timpul centrifugării, însă ar fi ca şi când aţi conduce cu un picior pe frână şi unul pe acceleraţie: ceea ce nu este prea benefic pentru maşină pe termen lung. O metodă mai bună ar fi evitarea preluării de energie de la bun început. Staţi retraşi şi veţi trece peste pericol.

Regulatorul de pas al palelor



Mecanismul de reglare de pas a palelor la centrifugare de tip „Dunlite"

Există două tipuri de „sisteme de reglare” care limitează în mod aerodinamic energia preluată de rotor:

- Un sistem care roteşte, sau înclină, mecanismul în întregime, în aşa fel încât rotorul să aibă o poziţie oblică faţă de vânt. În poziţia laterală, acest sistem se menţine literalmente „retras”. Viteza de vânt preluată de rotor este redusă, la fel ca şi energia captată.
- Un sistem care reglează în mod individual pasul palelor. Prin răsucirea palelor, unghiul de atac se schimbă, reducându-se astfel forţa ascensională.

Sistemele de reglare care mişcă rotorul în întregime sunt mai simplu de construit, dar acţionează mai lent decât regulatoarele de pas ale palelor, nefiind aşadar atât de precise. Energia produsă nu este preluată prea lin în locurile cu intemperii, acolo unde vântul îşi schimbă în mod constant viteza şi direcţia. Regulatorul de pas al palelor acţionează rapid şi poate prelua domol energia produsă, însă este foarte dificil de realizat. Acesta necesită un butuc cu părţi rulante, care trebuie să fie suficient de rezistent încât să facă faţă forţelor dure şi momentelor la care rădăcinile palelor sunt supuse, asigurând, totodată, o mişcare fiabilă şi corectă, care reglează pasul. Resorturile sunt, de asemenea, incluse. Regulatorul de pas al palelor nu este tratat în detaliu în această carte.

Mişcare contra vântului

Există o mulţime de sisteme patentate, cu denumiri inteligente, precum „protecţie la supraturaţie” sau „sistemul de siguranţă cu giruetă basculantă”. Toate acestea funcţionează după principii asemănătoare, fiind activate de presiunea vântului asupra rotorului. Pe măsură ce viteza vântului creşte, forţa de impingere asupra rotorului creşte de asemenea, până când atinge punctul de declanşare a mecanismului de protecţie la supraturaţie, iar turbina eoliană îşi schimbă poziţia în afara direcţiei vântului.

Turbina se roteşte fie într-o poziţie laterală faţă de direcţia vântului, fie se înclină pe spate, fiind dirijată în sus. În ambele cazuri, rotorul preia o poziţie înclinată. Astfel se reduce viteza vântului preluată de rotor, limitând viteza şi energia produsă. Practic, energia produsă depinde de forţa de împingere din jurul axului rotorului, indiferent de unghiul format de rotor în faţa vântului. Aşadar, prin menţinerea acestei forţe constante, putem regla sistemul de pivotare.

Secretele sistemelor „laterale” de protecție împotriva supraturației

Haideţi să ne uităm la un exemplu în care turbina eoliană se roteşte în poziţie laterală.

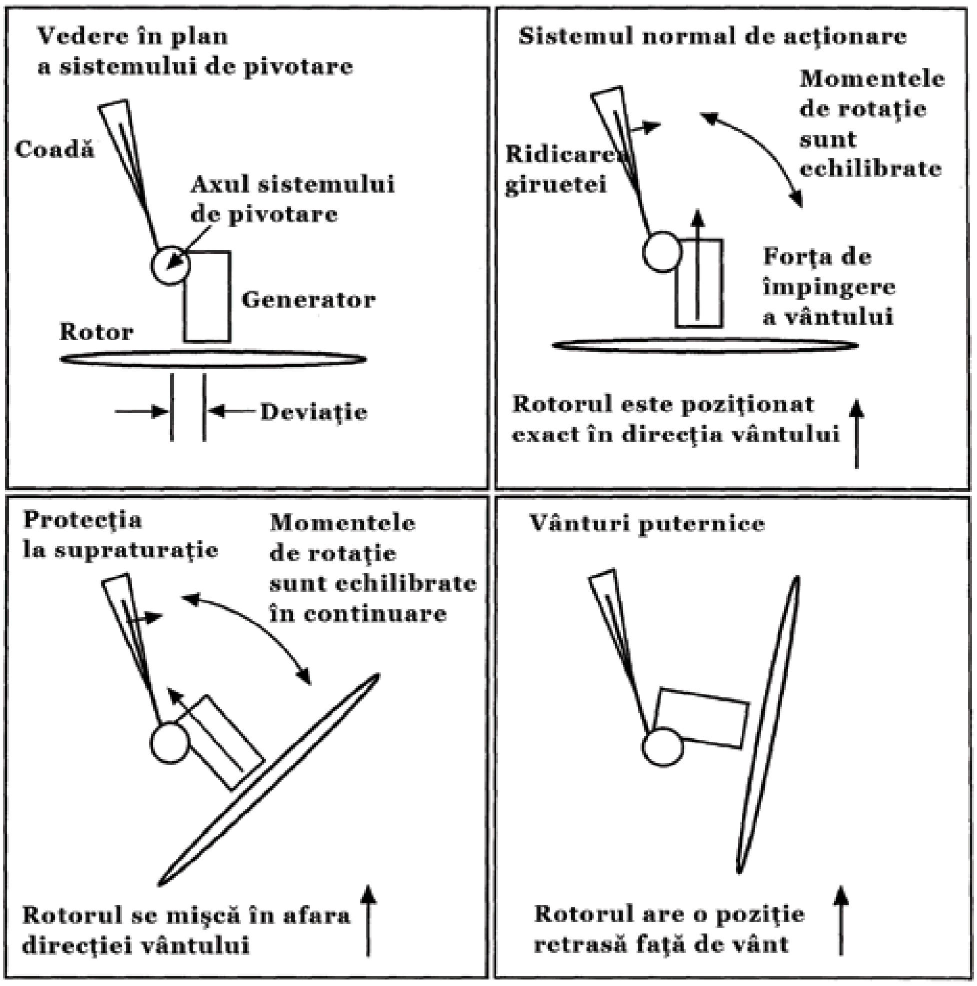
Folosim forţa de împingere a vântului asupra rotorului pentru a acţiona sistemul de

protecţie la supraturaţie. Forţa de împingere este centrată pe axul acestuia. Dacă axul său nu este în acelaşi plan cu axul sistemului de pivotare, atunci forţa de împingere generează un moment de rotaţie, mişcând sistemul de pivotare în afara direcţiei vântului (vedeţi Fig. 6.2).

În cazul vitezelor normale de vânt, nu dorim ca rotorul să se poziţioneze lateral, ci dorim ca acesta să se poziţioneze exact în direcţia vântului şi să preia toată energia. Construim aşadar o coadă suficient de lungă pentru a putea face faţă deplasării, utilizând o arie a giruetei de aproximativ 10% din aria traversată de rotor. Girueta îşi schimbă unghiul de atac cu aproximativ 20 către partea opusă a axului rotorului. Coada produce un moment de rapel egal cu momentul de rotaţie produs de forţa de împingere a rotorului.

Pe măsură ce vântul se înteţeşte, există un moment în care turbina eoliană produce cantitatea maximă de energie activă („puterea nominală a vântului”). După acest punct, coada se va mişca automat la o parte, permizând sistemului de pivotare să se rotească în afara direcţiei vântului. Cu alte cuvinte, momentul de rapel al cozii trebuie să aibă o limită superioară setată cu stricteţe, după care să se oprească şi să permită mişcarea rotorului.

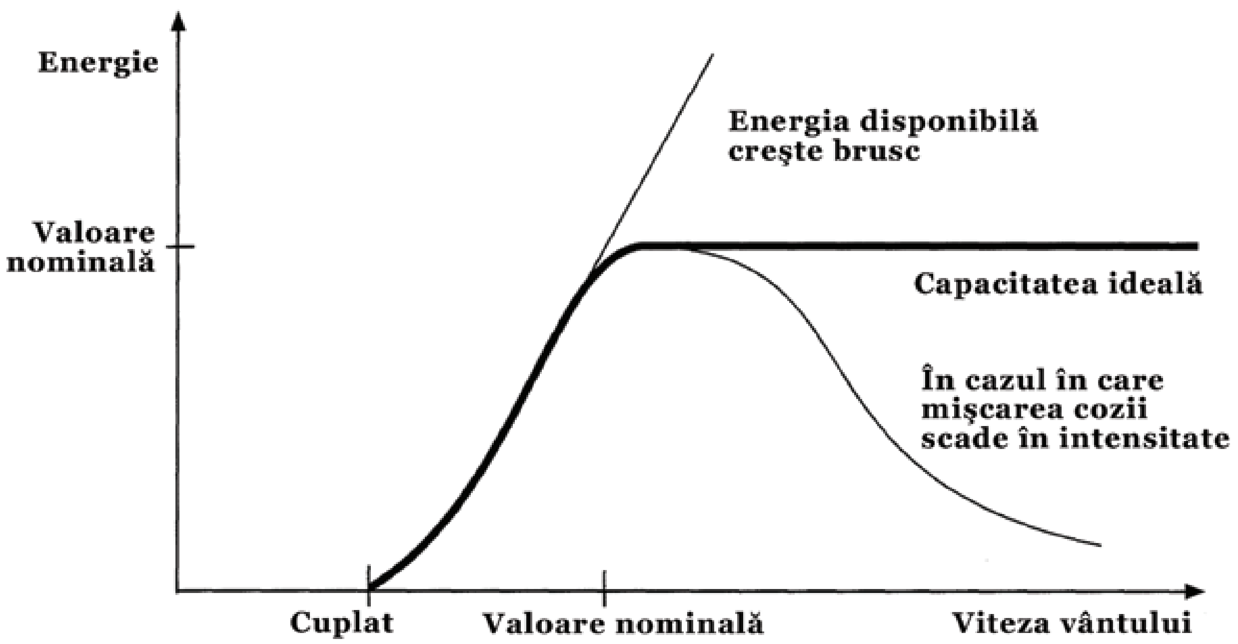
Fig. 6.2 Sistemul de reglare a rotaţiei



Prin mişcarea rotorului în afara direcţiei vântului, se va reduce viteza preluată de acesta, reducându-se forţa de împingere axială şi se va obţine un echilibru, prin preluarea redusă de energie. Un moment de rapel constant (care va trage rotorul înapoi în direcţia vântului), în timpul amplitudinii mişcării, va asigura o forţă de împingere constantă asupra rotorului, producând o energie activă constantă, indiferent de viteza vântului.

În multe cazuri, momentul de rapel scade în intensitate pe măsură ce sistemul de pivotare se deplasează în afara direcţie vântului. Astfel de turbine se deplasează prea repede pe durata vânturilor puternice (Fig. 6.3), iar energia activă scade. Acest fenomen este mai sigur faţă de turaţiile ridicate, însă este, de asemenea, unul instabil. Într-o locaţie cu turbulenţe, e posibil ca sistemul de pivotare să fie rotit prea abrupt, exercitându-se tensiuni giroscopice de încovoiere ridicate asupra rădăcinilor paletelor.

Fig. 6.3 Reprezentare grafică a energiei versus viteza vântului



Construirea cozilor cu protecție la supraturație

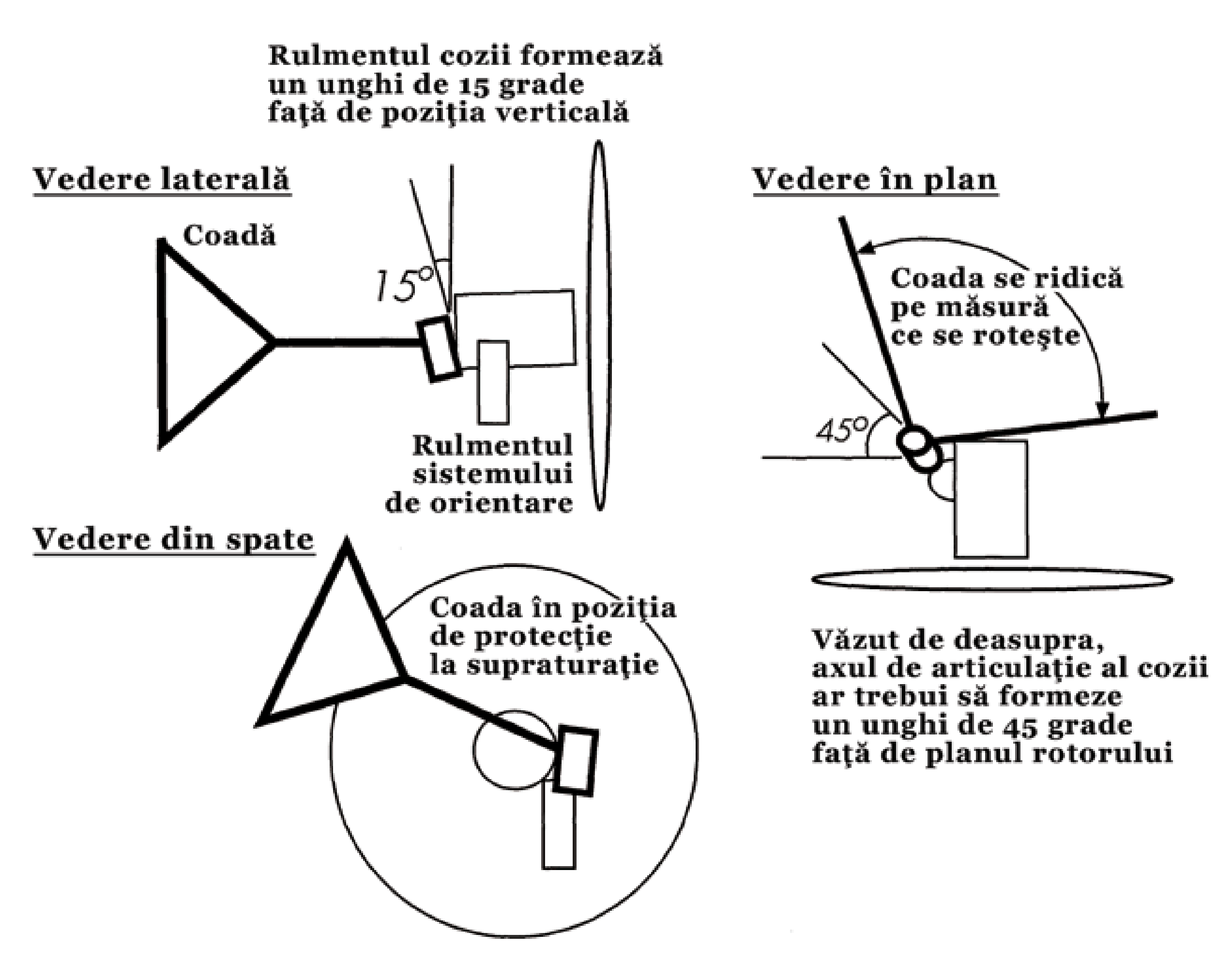
Cu cât deviaţia rotorului este mai mare, cu atât coada trebuie să fie mai lungă pentru a putea menţine mecanismul drept pe durata vânturilor cu viteză normală. Însă deviaţia minimă pe care o puteţi folosi constă în 4% din diametrul rotorului (ca o regulă aproximativă). Spre exemplu, un rotor cu un diametru de 2 metri ar trebui să aibă o deviaţie de cel puţin 80mm. (Observaţie: Dacă deviaţia este prea scurtă, rotorul ar putea să se comporte ciudat.

La anumite viteze periferice, acesta va dori să urmeze direcţia vântului. Acest „moment de orientare proprie" poate depăşi în totalitate sistemul de reglare. În anumite condiţii, un rotor cu o deviaţie foarte mică se va roti singur în direcţia vântului fără ajutorul cozii.)

Evident, modul de proiectare ar fi realizarea unei cozi cu închidere prin resort, care se strânge atunci când forţa asupra resortului este excesivă. Însă resortul este vulnerabil la agenţii atmosferici şi uzură. Şi, de asemenea, acesta nu conferă un moment de rapel constant. Tensiunea resortului creşte pe măsură ce acesta se întinde. Raza de acţiune a resortului (distanţa acestuia de la punctul de articulaţie) se va schimba, de asemenea.

Cea mai bună metodă pentru a realiza o coadă fiabilă cu auto-protecţie la supraturaţie este prin folosirea forţei gravitaţionale în locul unui resort pentru a trage coada în poziţia ei normală. Aceasta se poate obţine prin aşezarea cozii pe un pivot înclinat. Coada va cădea asupra unui opritor sub greutatea ei, în poziţia normală (la viteze de vânt reduse). Momentul de rapel variază într-o anumită măsură, ajungând la un maximum la jumătatea rotaţiei cozii, însă în realitate, această variaţie este, de obicei, acceptabilă.

Fig. 6.4 Coada cu protecție la supraturație acționată de forța gravitațională

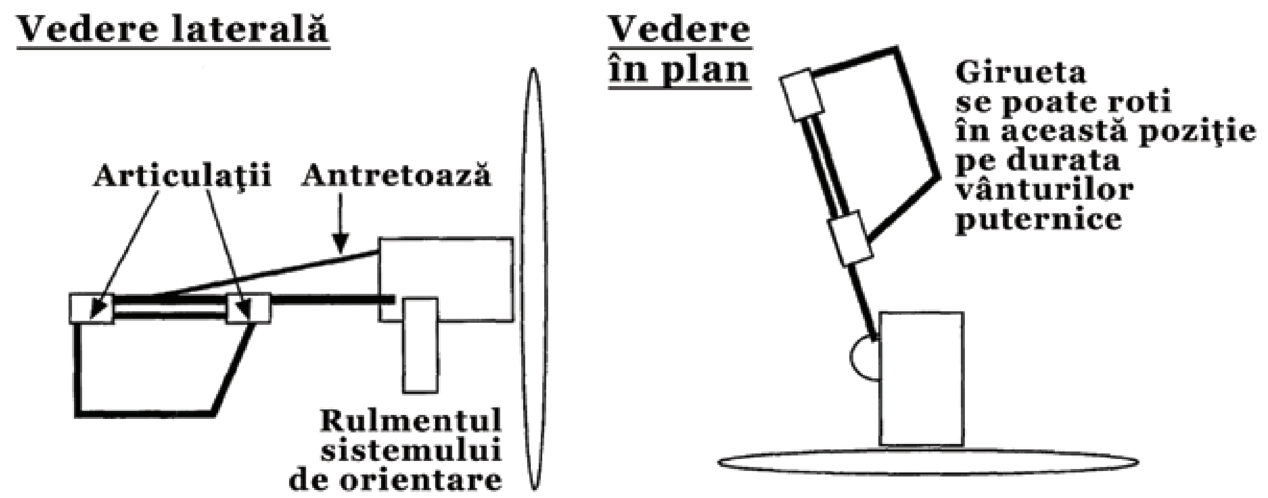


O abordare mai uşoară ar fi folosirea unui cozi cu braţ fix, având o giruetă suspendată sub articulaţii (Fig. 6.5). Acest tip de coadă nu acţionează la fel de precis, este mai solicitată pe durata furtunilor fiind azvârlită în vânt şi este supusă unor violenţe mari, având o giruetă care o mişcă.

Sistemele de basculare

Cealaltă metodă de repoziţionare a rotorului în afara direcţiei vântului este instalarea sistemului de pivotare pe un rulment care permite bascularea şi orientarea acestuia cu faţa în sus către cer (vedeţi Fig. 6.6, pe pagina următoare). Sistemele de reglare prin basculare sunt la fel de populare ca şi cele de reglare a rotaţiei prin folosirea cozilor de protecţie la supraturaţie. Decizia pare să depindă de experienţa anterioară a proiectantului. Sistemele de basculare pot produce momente giroscopice ciudate în condiţii atmosferice turbulente.

Fig. 6.5 Sistemul cu giruetă basculantă



De asemenea, sistemul de basculare necesită un anumit moment de rapel pentru a putea menţine rotorul în direcţia vântului. De obicei, la început, acesta este ţinut în loc de greutatea generatorului şi a rotorului, însă, pe măsură ce se înalţă, greutatea trece peste axa de rotaţie. Momentul de rapel scade, iar sistemul de pivotare tinde să se încline din nou în sus, apoi iarăşi, încet, în jos. Aceasta poziţie este una instabilă, prăbuşindu-se în continuare, iar acest lucru se va repeta de nenumărate ori în locurile cu vreme rea.

Un resort poate fi folosit pentru ridicare, compensând lipsa momentului de rapel, însă resorturile nu sunt de dorit în cadrul turbinelor eoliene. Dacă trebuie neapărat să folosiţi un resort, folosiţi unul supradimensionat şi detensionat, din oţel inoxidabil. Aveţi grijă să evitaţi uzura elementelor de fixare. Figura 6.7 de pe pagina următoare ilustrează două modalităţi de producere a unui moment de rapel suplimentar. Ambele metode au dezvantajele lor.

Sistemele de închidere

Ideea de a avea sisteme de închidere este una liniştitoare, însă folosirea lor este ca şi când aţi admite că aţi fost învins, deorece o turbină eoliană cu un astfel de sistem e ca o oportunitate pierdută. E deja neplăcut că turbinele eoliene nu funcţionează pe vreme bună; acestea ar trebui să funcţioneze neîncetat când bate vântul!

Sistemele de reglare adecvate ar trebui să facă faţă automat oricărei viteze a vântului. Însă, dacă există o pierdere serioasă de echilibru în rotor, sau o defecţiune electrică, atunci o oprire de urgenţă ar putea fi de folos. De asemenea, rotorul trebuie deplasat atunci când sistemul de pivotare este ridicat sau coborât pe pilonul acestuia, în timp ce bate uşor vântul.

Frânele mecanice sunt folosite rar la turbinele eoliene mici. O frână suficient de mare, care să poate opri turbina în timpul vântului, trebuie să fie bine construită. Jumătăţile de măsură nu sunt de mare folos. O frână bună:

- este scumpă;
- ocupă spaţiu în nacelă şi afectează forma turbinei;
- trebuie întreţinută şi testată pentru a putea fi de ajutor, aşadar e mai bine, în general, de evitat.

Fig. 6.6 Sisteme de reglare cu basculare

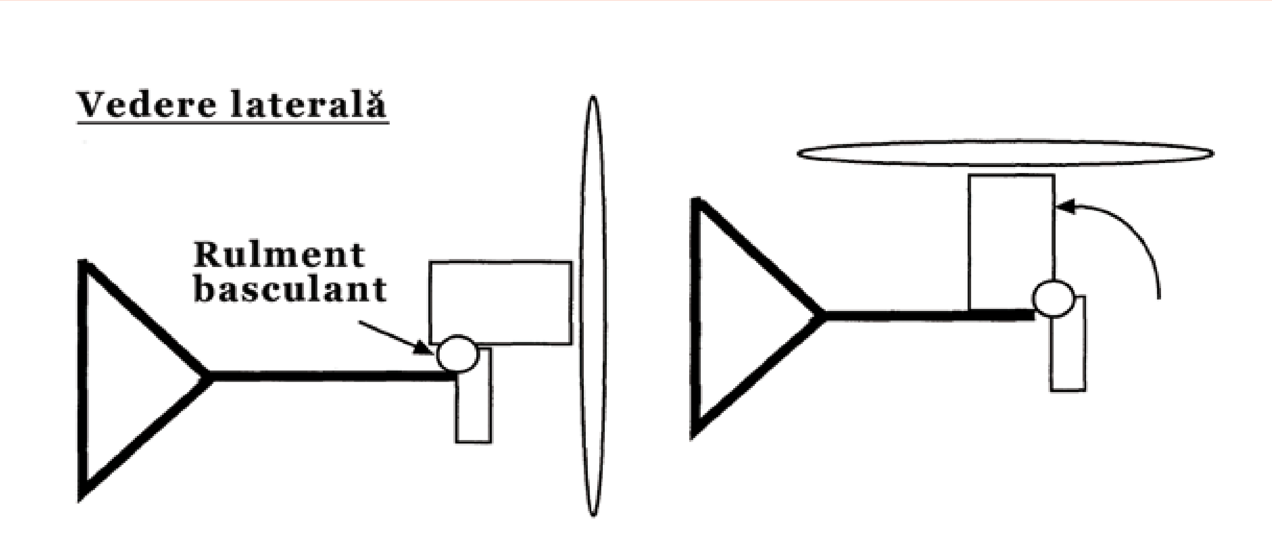
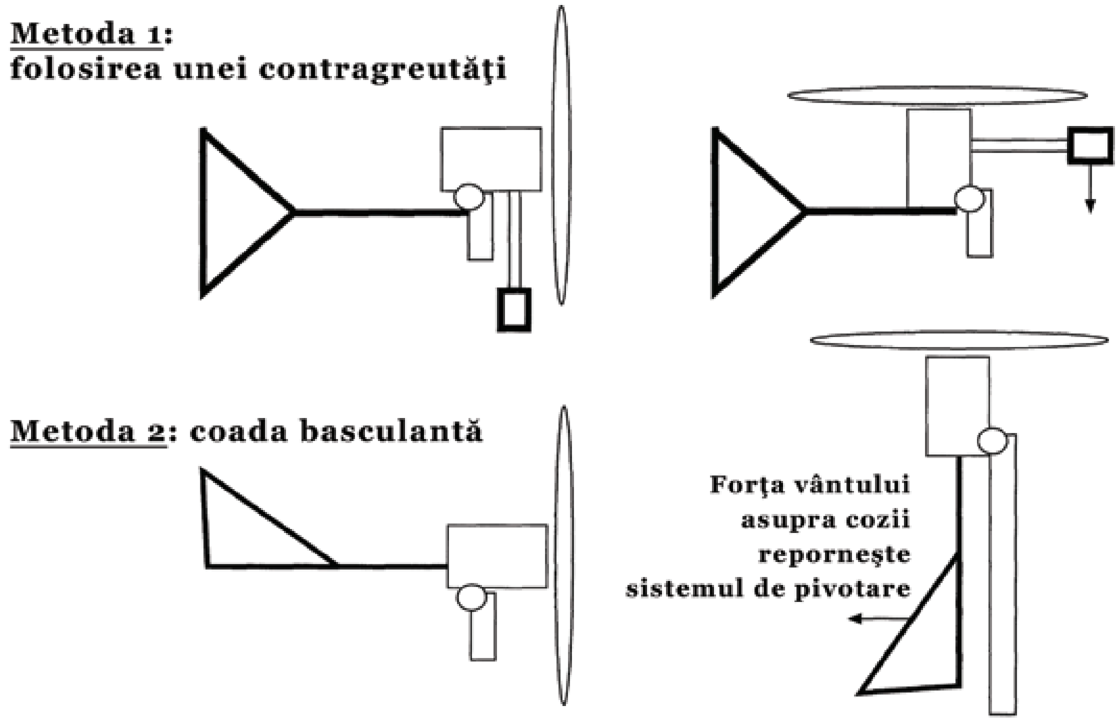


Fig 6.7 Sisteme de reglare cu basculare fără resorturi



Comutatoare de frână şi încălzitoare

Alternatoarele magnetice permanente funcţionează corect şi la vitezele foarte reduse, deoarece fluxul este prezent mereu. Dacă unitatea de debit se scurtcircuitează prin conectarea tuturor cablurilor de curent alternativ laolaltă (folosind un „comutator de frână"), alternatorul va pompa o cantitate mare de curent în jurul bobinajului şi a cablului. Chiar şi în lipsa „volţilor", pierderile electrice în cupru vor fi suficient de mari pentru a bloca palele rotorului în mod eficient.

Comutatorul de frână este o metodă bună de a preveni pornirea nedorită, însă nu e întotdeauna o metodă potrivită de a opri o turbină. Există două probleme potenţiale.

În primul rând, unele alternatoare, odată aflate la capacitate completă de producţie, vor genera doar un pic mai mult moment de torsiune, având comutatorul de frână deschis şi nu închis. Acestea îşi limitează propriul lor curent (prin reactanţă inductivă internă). Turbinele cu un astfel de alternator pot fi oprite doar în cazul în care viteza scade sub anumite rotaţii pe minut. (Idee: prin aprinderea unui încălzitor de o dimensiune potrivită a cablurilor de curent alternativ, se va putea asigura oprirea acestuia la următoarea domolire a vântului.)

În al doilea rând, unele alternatoare furnizează curenţi atât de mari la producerea unui scurtcircuit, încât şocul încarcă palele rotorului peste limită, cauzând crăpături la rădăcini.

Comutatoarele de frână nu sunt fiabile în cazul unei defecţiuni tehnice, cum ar fi atunci când cablurile sunt deconectate de la sistemul de pivotare. Acestea nu vor funcţiona, deoarece

sarcina a fost înlăturată. E posibil, de asemenea, ca aceeaşi defecţiune să fi deconectat comutatorul de frână, aşadar, nefiind de folos.

În ciuda dezavantajelor, comutatorul de frână reprezintă o frână de mână foarte utilă, iar datorită costurilor reduse (doar în cazul unui comutator mare şi decent, vor fi mai mari), merită să-l achiziţionaţi, chiar şi dacă îl veţi folosi doar pe durata ridicării pilonului. Pe de altă parte, un încălzitor care poate fi declanşat în cazul unei turaţii rapide, reprezintă un bun sistem de închidere automată.

Cablurile de protecție la supraturație

În locul unei frâne mecanice, puteţi recurge la mecanismul de protecţie la supraturaţie pentru a închide turbina eoliană printr-un cablu care deplasează coada sau o basculează într-o poziţie ridicată, cu faţă spre cer.

Dezavantajele ar fi:

- Turbina rotită nu poate fi fiabilă la pornire în timpul montării pilonului, atunci când este înclinată într-o parte.
- Cablurile de frână sunt predispuse la coroziune şi se vor gripa la un moment dat, dacă nu sunt verificate mereu şi lubrifiate.
- Cablul de deplasare urmează acelaşi traseu spre sol ca şi cablul electric. E foarte posibil ca cele două să se încolăcească. O soluţie simplă ar fi folosirea cablului electric al sistemului de pivotare ca şi cablu de deplasare. Doar trageţi de cablu, însă nu prea tare, nu doriţi ca acesta să se rupă!

De asemenea, puteţi folosi un servomotor pentru a deplasa coada, sau pentru a realiza o frânare. Un ştergător de parbriz care acţionează asupra unui tije filetate ar putea mişca o piuliţă încet, dar sigur. Ar putea fi acţionat de un circuit care detectează turaţia ridicată, sau chiar de o baterie încărcată. Turbinele eoliene au fost controlate astfel, însă se poate greşi în multe feluri.



ȘAPTE

DISPOZITIVE ELECTRICE DE COMANDĂ

Dispozitivele electrice de comandă reprezintă o altă verigă importantă în lanţul dintre energia eoliană şi puterea utilă. La fel ca şi la dispozitivele mecanice de comandă, cheia unei bune fiabilităţi o reprezintă menţinerea lucrurilor cât mai simple cu putinţă. Echipamentele electrice şi electronice trebuie să fie montate pe un panou sau într-o cutie. Dacă le lăsaţi să atârne de bornele bateriei, sau să zacă în iarbă sub turbină eoliană, atunci veţi invita coroziunea să se instaleze. Susţineţi toate cablurile aşa cum converg spre borne sau conexiuni, pentru a preveni deplasarea. Principalele montaje în tensiune trebuie neapărat protejate în cutii, pentru a preveni atingerea din neatenţie.

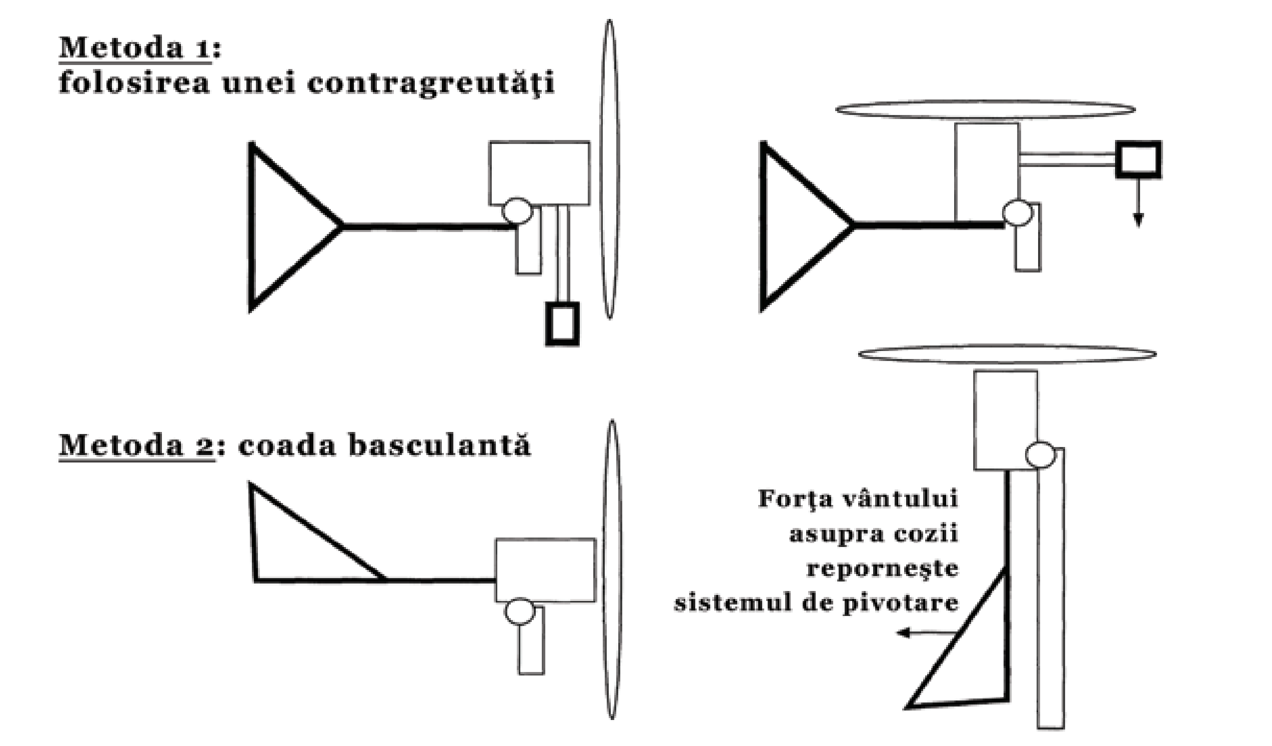
Dispozitivele electrice de comandă au două scopuri distincte (adesea folosind circuite similare pentru fiecare):

- Controlul sarcinii turbinei eoliene, pentru a optimiza viteza şi a maximiza energia captată de palele rotorului.
- Controlul curentului electric prin baterie, pentru a o proteja de deteriorare şi a păstra voltajul în limite de siguranţă.

Controlul sarcinii: cheia unei bune performanțe

Rotorul operează cel mai bine la un anumit raport al vitezei periferice. În timpul demarajului, raportul vitezei periferice va fi sub valoarea optimă, aşa că sarcina generatorului trebuie să fie foarte mică, la viteză mică. Aceasta permite rotorului să accelereze până când atinge cea mai bună viteză.

Fig. 7.1 Controlul fazei



Sisteme de încărcare a bateriei

Din fericire, un circuit de încărcare a bateriei poate încărca un generator foarte bine fără niciun fel de comandă. Aproape orice putere furnizată este necesară pentru a porni generatorul încet, pentru că nu va exista curent în circuitul de ieşire până când tensiunea generatorului nu depăşeşte tensiunea bateriei. Până când este atinsă această viteză „cuplată", rotorul se mişcă cu o viteză periferică suficient de mare pentru a furniza puterea necesară.

Sistemele de încălzire

Acolo unde puterea este alimentată direct către dispozitive electrice, cum sunt radiatoarele, este nevoie de un regulator electronic. Dacă conectaţi pur şi simplu generatorul direct la un radiator, veţi avea un sistem electric de toată frumuseţea, dar radiatorul va începe să consume putere imediat cum apare o tensiune pe circuit, oprind rotorul.

În esenţă, ceea ce regulatorul trebuie să facă este să permită turbinei să pornească şi să ia viteză, până când atinge rap rtul de viteză periferică (TSR) proiectat. Abia atunci este conectat radiatorul. Turbina eoliană va încetini imediat sub sarcină, astfel încât regulatorul să deconecteze radiatorul din nou pentru a preveni oprirea. De fapt, poate va fi nevoie ca radiatorul să fie pornit şi oprit foarte rapid pentru a menţine sarcina optimă pe rotorul turbinei eoliene.

Cel mai primitiv regulator (pe care îl putem numi un regulator „crash-bang”) va trece complet pe sarcina de încălzire, folosind un releu sau „contactor”. Aceasta ar fi o soluţie ieftină, dar foarte neplăcută în operare.

Există soluţii mai bune. Pentru început, este mai bine să folosiţi comutatoare electronice, mai degrabă decât electro-mecanice, pentru a controla puterea către radiatoare. Comutatoarele semiconductoare nu au părţi mobile, pot fi foarte fiabile şi chiar ieftine.

Este mult mai bine să puneţi în sarcină tubina eoliană treptat, mai degrabă decât să optaţi pentru „totul sau nimic”. Sunt două căi de a face acest lucru. Fie „aduceţi în concordanţă de fază” radiatorul/radiatoarele treptat, fie le aprindeti pe rând. În orice caz, regulatorul detectează viteza generatorului prin monitorizarea tensiunii (sau chiar a frecvenţei) şi aplică mai multe sarcini, pe măsură ce turbina îşi măreşte viteza. Aceasta încarcă palele rotorului în mod optim.

Fig. 7.2 Modularea lăţimii impulsului



Curentul este comutat intr-o serie de impulsuri rapide.
Impulsurile mai largi transportă mai multă tensiune către radiator.

Controlul fazei

Dispozitive electronice de comutatie, numite triode, sunt adesea folosite ca să comute curentul alternativ. Îndată ce triodele sunt pornite, ele nu se vor întrerupe din nou până când fluxul de curent nu se opreşte sau se inversează (vedeţi Fig. 7.1). Cantitatea de curent din circuit poate fi controlată prin întârzierea începerii fiecărui impuls, folosind triode. (Aşa funcţionează „comutatoarele de faze”).

Modularea lăţimii impulsului (PWM)

O abordare mult mai populară a comenzii radiatorului este aceea de a redresa curentul în curent continuu şi a comuta în impulsuri foarte rapide cu ajutorul unui tranzistor (Fig. 7.2). Tranzistoarele MOSFET şi IGBT sunt bune la acest fel de comutare a curentului continuu, dar sunt mai puţin robuste decât triodele şi „explodează" din când în când. Proiectarea comenzilor PWM este o treaba pentru un expert electronist. Impulsurile sunt comutate la o frecvenţa înaltă (să spunem 5000 Hz), care sună pentru urechea umană ca şuierul unui fluier ascuţit. Cantitatea de energie care merge către radiatoare este controlată prin reglarea lungimii impulsurilor.

Fig. 7.3 Comandă multiplă a radiatoarelor

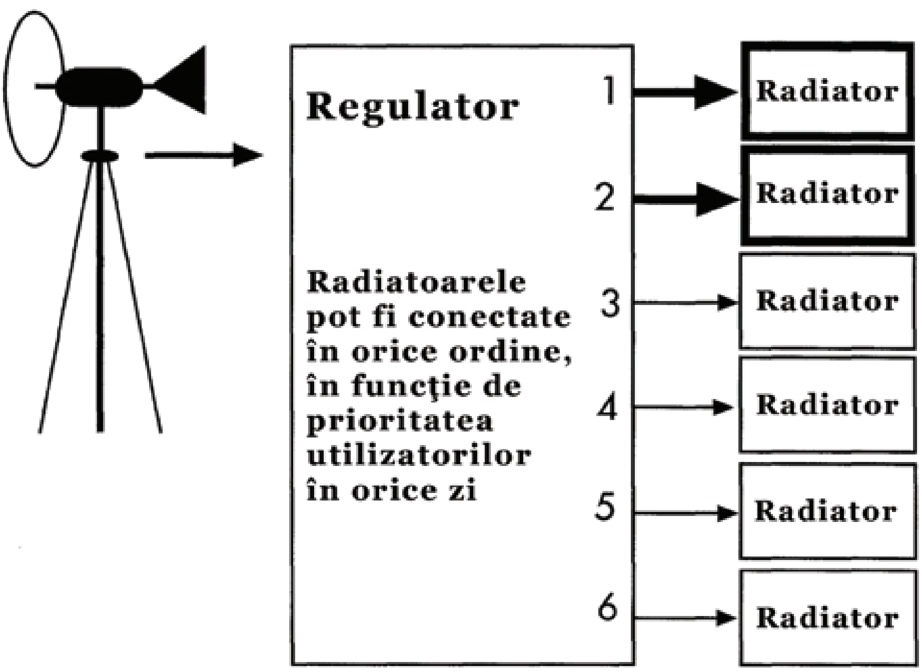


Fig. 7.3 Sarcini multiple sub control în trepte

Controlul sarcinii în trepte

Metodele de control de mai sus (câteodată cunoscute ca şi „control proporţional") dau rezultate fluente de toată frumuseţea, dar pot fi înşelătoare la proiectare şi pot cauza interferenţe radio. O abordare mai uşoară pentru un electronist amator entuziast este aceea de a folosi un număr de sarcini mici (radiatoare) şi de a le introduce în circuit unul după altul (Fig. 7.3).

Similar abordării „crash bang” în simplitate, această abordare poate funcţiona bine presupunând că sunt suficiente radiatoare. În plus, încărcarea se face în paşi mici şi nu pune prea multă presiune pe baza palelor. Merită cu prisosinţă folosirea triodelor ca dispozitive de comutare pe astfel de sisteme. Ele sunt robuste şi ieftine. Triodele nu trebuie neapărat să intre la mijlocul ciclului (aşa cum o fac la sistemele de control de fază). De fapt, este posibil să le controlăm prin intermediul circuitelor de tip „punct zero”, care pornesc exact când voltajul trece prin punctul zero. Acestea previn interferenţele radio. Un dispozitiv comutator mult mai convenabil (dacă nu şi mai costisitor) este un „releu de stare solidă” (SSR), care este o unitate singulară încorporând o triodă şi circuitele conductoare. Conectaţi radiatoarele la prizele încastrate în soclurile din panoul de control. Prin jonglarea ordinii prizelor în socluri, puteţi decide care camere să fie încălzite primele. Radiatoarele cu prioritate joasă vor fi încălzite doar dacă vântul devine suficient de puternic. Reglaţi-le astfel încât să pornească la un prag diferit de voltaj (sau frecvenţa).

Tipuri de sarcini de încălzire

În mod ideal, o turbină eoliană destinată încălzirii ar trebui să producă 230 volţi curent alternativ sau similar, astfel încât pot fi folosite şi elemente universale de încălzire. Voltajul de la turbinele eoliene este rareori constant şi va fi foarte bine dacă este sub 230 volţi, mai degrabă decât să supraîncălzească radiatoarele. Radiatoarele de alimentare pot lucra la valori joase ale voltajului în siguranţă, dar puterea variază cu pătratul voltajului. Aceasta înseamnă că, la jumătate din voltajul nominal, obţineţi doar un sfert de de putere nominal. Radiatoarele convectoare şi cele de stocare funcţionează bine pe energie eoliană. Radiatoarele radiante sunt zgomotoase când sunt alimentate la curent continuu cu impulsuri înalte ale frecvenţei, pentru că radiatoarele seamănă în construcţia lor cu difuzoarele. Este puţin probabil că ventilatoarele radiatoarelor să lucreze foarte bine în regim pulsator, voltaj redus, sau pornire-oprire constantă.

Când turbinele eoliene produc curent alternativ trifazat (cum se obişnuieşte), există posibilitatea de a rula un încălzitor monofazic conectat separat pe fiecare dintre faze, dar atunci va apărea mai mult curent pe una din fazele alternatorului decât pe alta, iar acest lucru duce la vibraţii şi zgomot crescut. Această problemă de echilibru poate fi evitată prin rectificarea puterii în curent alternativ după pornirea cu triode. Elementele de încălzire vor funcţiona mai bine pe curent continuu decât pe curent alternativ. Cu toate acestea, sunt două chestiuni de remarcat:

- Curentul continuu este mult mai periculos decât curentul alternativ, în termeni de pericol de scurtcircuit.
- Termostatele sunt proiectate pentru curent alternativ, aşa că se pot arde pe curent continuu. (Pot fi legate la circuite separate.)

Dacă lucraţi cu voltaj nestandardizat şi sunteţi dispus să plătiţi mai mult, este bine să vă cumpăraţi rezistenţe cu putere crescută din catalog şi să vă construiţi propriul radiator. Acum

Farnell are în stoc rezistenţe de 300 de Watt. Rezistenţele placate cu aluminiu merg bine la construirea de radiatoare de apă cu putere electrică activă scăzută. Doar suspendaţi-le direct în cilindrul pentru apă fierbinte. Nu uitaţi să împământaţi orice conductor aflat sub tensiune.

Surse de curent alternativ

Vântul nu este constant şi, de aceea, este folosit rar ca sursă directă pentru circuitele de curent alternativ, dar totuşi poate fi folosit. Pentru a asigura o sursă de alimentare fiabilă, este nevoie de o eoliană mai mare comparativ cu sarcinile posibile ale utilizatorului. Viteza poate fi controlată prin sisteme mecanice de comandă, sau prin sisteme electronice de comandă. Se poate folosi reglarea centrifugală a pasului elicei, dar este mai des întâlnită metoda cu radiatoare descrisă mai sus. Căldura este un produs derivat foarte folositor.

Pentru a folosi electrocasnice pe curent alternativ trebuie să ne asigurăm că folosim aparate care au aceeaşi tensiune nominală şi aceeaşi frecvenţa. Calitatea sistemelor de comandă depinde de ceea ce intenţionaţi să faceţi cu energia produsă. Lumina are nevoie de un voltaj constant pentru a funcţiona fiabil şi acceptabil. Pentru a folosi lumina direct de la o eoliană, veţi avea nevoie să ajustaţi tensiunea de alimentare destul de precis, folosind un regulator automat de tensiune cu control proporţional, mai degrabă decât unul cu control în trepte. Controlul în trepte cauzează prea multe fluctuaţii. Aparatele motorizate, precum bormaşinile de putere, gaterele, procesatoarele alimentare, aspiratoarele etc., vor funcţiona rezonabil într-un interval de tensiuni şi frecvenţe. Puteţi da găuri şi ascuţi piese metalice chiar bine folosind unelte care se alimentează de la reţea la 150 volţi.

Conversia puterii folosind transformatoarele

Cea mai frecventă modalitate de a modifica puterea de alimentare este de a folosi un transformator. Transformatoarele funcţionează pe curent alternativ, nu continuu. Dacă este folosit sub frecvenţa lor nominală puteţi avea problem dacă nu este redus şi voltajul. Această se potriveşte eolienelor care funcţionează la viteză variabilă, unde ambele scad împreună. Dacă aveţi un cablu lung care conectează eoliană şi bateria, fie veţi avea nevoie de un cablu foarte gros, fie de tensiune înaltă. Cu un transformator, puteţi folosi o turbină de 230V pentru a încărca o baterie de 12V. Puteţi avea probleme cu pornirea rotorului doar dacă nu există o deconectare automată la joasă tensiune, deoarece impedanţa transformatorului este mică la frecvenţa mică şi, prin urmare, un curent va trece tot timpul prin circuit.

Costul suplimentar al transformatorului poate fi la fel de mare ca şi costul cablului, însă folosirea uneiturbine eoliene de înaltă tensiune are alte avantaje :

- Puteţi descărca energia într-un radiator, atunci când bateria este plină.
- Puteţi folosi scule electrice, blendere etc., direct de la „vânt”.

- Puteţi adapta performanţele generatorului pentru a fi potrivit vântului. Prin comutarea la prizele transformatorului alternativ, puteţi obţine mai multă putere la turaţii mai mari, fără a creşte pierderile electrice în cupru.

Ce le place bateriilor

Bateriile sunt scumpe şi capacitatea de stocare este limitată de dimensiunea bateriei. Când limitele capacităţii de stocare sunt atinse, atunci deciziile trebuie luate fie manual, fie automat, pentru a redirecţiona energia prin noi canale.

Bateriile au nevoie de puţină atenţie. Ca orice altceva de care depindeţi, ele va răsplătesc grija. Ce le place bateriilor este să fie încărcate constant şi progresiv cu orice curent care ţine de potenţialul lor, la aproximativ 14 volţi (pentru 12 volţi, o baterie plumb-acid). Există două reguli de bază în bună administrarea unei baterii:

- Nu lăsaţi tensiunea să scadă prea mult.
- Nu lăsaţi tensiunea să crească foarte mult.

Puteţi ajuta bateriile prin adaptarea propriilor obiceiuri pentru a se potrivi cu vântul, realizând sarcini intensive în zilele cu vânt şi practicând conservarea atentă a energiei în zilele cu vânt calm. Dar acest lucru poate fi împovărător dacă este dus la extreme şi aveţi nevoie de un control automat, însă numai ca şi soluţie de rezervă. În ceea ce urmează, vom presupune că discutăm de un system de 12 volţi atunci când facem referire la voltaje. De exemplu, „Battery Heaven” este de 14 volţi. Dacă tensiunea sistemului este 24 volţi, atunci ar trebui să dublaţi valorile tensiunii date, astfel că heaven va fi de 28 volţi în loc.

Voltajele citate sunt doar orientative. Acestea vor funcţiona pentru majoritatea bateriilor cu acid-plumb, dar voltajul bateriei depinde de curentul de încărcare şi, în acelaşi timp, de tipul bateriei şi starea acesteia. Dacă aveţi bateriile de tip „gel” cu electolit solid (aşa numitele „baterii-uscate”), atunci cel mai important este să preveniţi creşterea prea mare a voltajului. Verificaţi specificaţiile bateriei.

Prevenirea voltajului scăzut

Cea mai obişnuită cauză de deteriorare a bateriilor sistemelor eoliene este golirea acestora şi apoi lăsarea lor în această stare. Bateriile urăsc asta. Voltajul poate fi folosit ca un simplu indicator al stadiului de încărcare al bateriei. Nu descărcaţi o baterie de 12V sub 11.5V, dacă nu aveţi posibilitatea de a o încarca imediat.

Pentru a preveni descărcarea excesivă:

- Pur şi simplu urmăriţi voltajul şi controlaţi sistemul direct.
- Folosiţi o alarmă de voltaj scăzut.

- Folosiţi un întrerupător de voltaj scăzut – automat va deconecta TV-ul şi alte încărcări neesenţiale (nu opriţi toate luminile, sau nu resetaţi calculatorul fără avertisment).

În momentul în care întrerupătorul este acţionat, voltajul va sări uşor la nivelul circuitului deschis. Pentru a preveni ca întreruperea să intervină repetat, este o bună idee să construiţi nişte histereze între punctul de întrerupere şi cel de revenire. Asta nu are nicio legătură cu histeria! Pur şi simplu, înseamnă că pragul este diferit la urcare faţă de coborâre. De exemplu, aţi putea fixa întrerupătorul să reia alimentarea când voltajul trece de 12.5V. Un buton de resetare manuală este, de asemenea, o idee bună, pornind alimentarea după ce au fost oprite unele încărcări neimportante.

Fiţi atenţi în momentul în care conectaţi întrerupătorul. Nu deconectaţi bateriile şi lăsaţi încărcările conectate direct la turbine! O turbină fără baterii conectate poate genera voltaje extrem de mari, care în mod cert vă vor deteriora aparatele.

Enigmaticul releu

Există o dilemă interesantă asupra releului de decuplare. În cazul în care releul este alimentat când tensiunea este scăzută (folosind contactele „în mod normal închis"), atunci se va consuma energie de la baterie doar atunci când este posibil să facă acest lucru. Dacă releul este alimentat când tensiunea este OK, („normal deschis"), atunci acesta va pierde putere tot timpul. Aceasta este doar o problemă care apare la sistemele eoliene foarte mici, deoarece releul foloseşte doar 1 watt.

Controlul tensiunii de comandă

Dacă curentul de încărcare (amperi) este mai mare decât o zecime din capacitatea amperi-oră a bateriei, atunci este esenţial să existe un fel de control automat.

Tensiune variabilă

După cum am menţionat mai devreme, bateriile preferă în general să fie „expuse la tensiune variabila" la 14 volţi.

Atunci când o baterie este foarte descarcată, va avea nevoie de o cantitate mare de curent să o aducă până la 14 volţi şi nu va fi, probabil, vântul suficient pentru a realiza acest lucru. Când bateria se apropie de încărcarea completă, oricum va avea nevoie de un curent slab pentru a atinge şi a menţine această tensiune.

Regulatoarele de încărcare în autovehicule limitează pur şi simplu curentul de încărcare de la alternator, pentru a preveni creşterea tensiunii mai sus de 14 volţi. La sistemele eoliene este mai indicat să deviezi puterea de alimentare într-o sursă de încălzire, mai degrabă decât blocarea la sursă, ceea ce poate duce la o viteză prea mare a rotorului.

Sarcina de compensare

În cazul în care tensiunea creşte peste 15 volţi, bateriile se pot umfla violent şi supraîncălzi, cauzând pagube dacă situaţia se prelungeşte. Nu faceţi asta niciodată în cazul unei baterii cu gel. Cu toate acestea, este o bună recomandare de a supraîncărca bateriile normale ca aceasta (sub supraveghere), în cazul în care ele au fost complet descărcate. Acest lucru este cunoscut ca „sarcina de compensare", deoarece se asigură că toate celulele din baterie se încărcă complet.

Luaţi în considerare și sarcinile

Supravoltajul scurtează durata de viaţă a aparatelor electrocasnice. Becurile cu halogen sunt scumpe şi aşa sunt şi televizoarele, aşa că este benefic să ai un control automat pentru a preveni supra-tensiunea pe sistemele la care sunt conectate echipamente de valoare.

Caracteristici generale ale regulatoarelor de șunt

Componentele electronice din controlerii de tensiune ale bateriei sunt foarte asemănătoare cu componentele folosite la controlul încălzitorului, aşa cum este descris într-o secţiune precedentă acestui capitol. Pentru a preveni creşterea exagerată a voltajului bateriei, trebuie descărcată tensiunea într-un încălzitor, descărcare cunoscută ca „groapă de încărcare" sau „balast de încărcare". Acest tip de regulator este cunoscut că regulator de şunt, deoarece deviază curentul spre un circuit paralel sau „şunt".

Se pot folosi relee sau semiconductori pentru a controla radiatoarele într-un regulator de şunt. Din nou, abordarea de tip supra-sarcină „crash-bang" nu este ideală. Un anumit număr de radiatoare mai mici funcţionează mai bine decât unul singur mare. Prezenţa bateriei va întârzia fluctuaţiile voltajului. Se poate porni radiatorul la 14.5 V şi opri din nou la 13.5 V, pentru a oferi o întârziere de câteva secunde între ele. Controlere ca acesta pot fi complet modulare şi independente unul de celălalt. Pur şi simplu se conectează mai multe pe măsură ce sistemul se extinde.

De asemenea, este posibil să încărcaţi tensiunea contra curentului redresorului. Acest lucru are unele beneficii:

- Este mai uşor de comutat curentul alternativ. Se pot folosi, de exemplu, triodele de curent alternativ (dar trebuie folosite două, dacă puterea este trifazică). Triodele sunt mai robuste decât tranzistorii.
- Dacă regulatorul de şunt nu funcţionează corect, nu există pericolul consumului bateriei, aşa cum s-ar fi întâmplat dacă ar fi fost conectat direct la baterie.
- Bateria nu „a trecut printr-un ciclu" de sarcină de descărcare. Există posibilitatea ca sarcina de descărcare să scurteze viaţă bateriei prin „secarea" tensiunii din aceasta.
- Turbina eoliană va încetini imediat (în lipsa vântului) şi se va opri (lucru care poate fi sau nu un avantaj, depinzând de faptul că tensiunea încărcată este sau nu de folos).

Fig. 7.4 Circuit pentru două eoliene

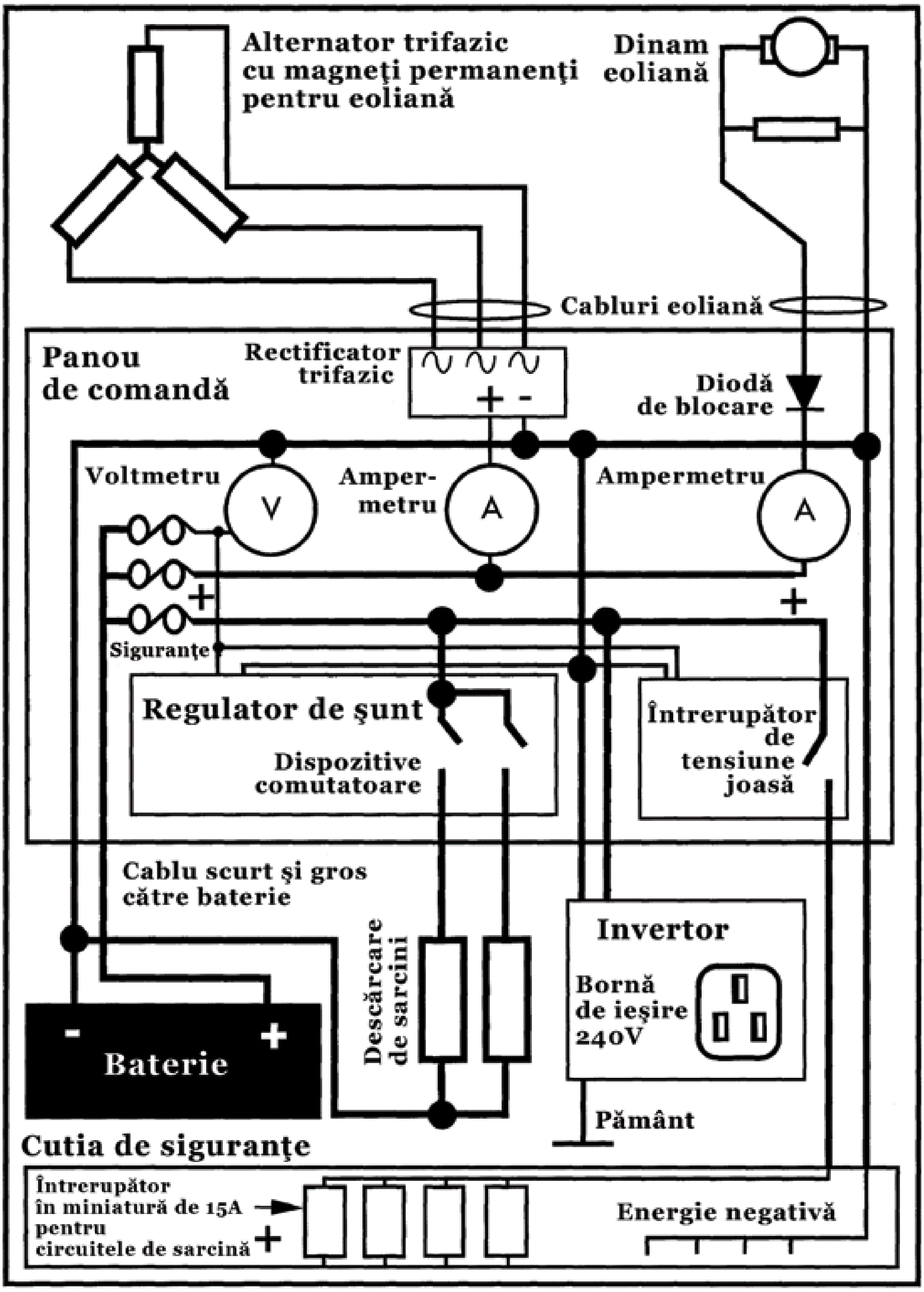


Fig. 7.4 Ansamblul circuitelor pentru un sistem cu două eoliene

Descărcarea tensiunii de alimentare printr-un invertor

Dacă sistemul include un invertor puternic, puteţi folosi radiatoare pentru tensiunea de alimentare. Este uşor să se comute radiatoarele prin utilizarea unor relee/semiconductori mai mici.

Asta poate cauza totuşi pâlpâirea luminilor. De asemenea, dacă invertorul nu mai funcţionează, sau se închide datorită suprasarcinii, sau dacă există un termostat pe radiator, atunci sarcina de descărcare nu va mai fi disponibilă, aşa că va fi nevoie de o altă sarcină de descărcare în aşteptare pentru a împiedica tensiunea să crească prea mult. Cu toate acestea, ar putea merita descărcarea într-un radiator cu senzor de imersie atunci când este posibil, pentru că acesta este mult mai util decât sistemul de încălzire de la baterie.



OPT
TURNURI

Aş putea scrie o carte numai despre turnuri, dar iată câteva scurte consideraţii.

Faceţi turnul cât se poate de înalt, în condiţii de siguranţă însă, deoarece cantitatea şi calitatea vântului cresc odată cu înălţimea. Un motor eolian ascuns printre copaci nu va funcţiona niciodată la întreaga lui capacitate.

Tipuri de turn: ancorat şi neancorat

Nimănui nu-i place ancorele. Sunt urâte, nepotrivite şi în pericol de a se deteriora. Turnurile neancorate sunt cu mult mai mult preferate, dar din păcate ele sunt cu mult mai mult stresante, atât de grele şi cu mult mai scumpe. În final, turnurile ancorate sunt alegerea cea mai comună, deoarece costă mai puţin. Din acest considerent, restul capitolului este despre turnurile ancorate.

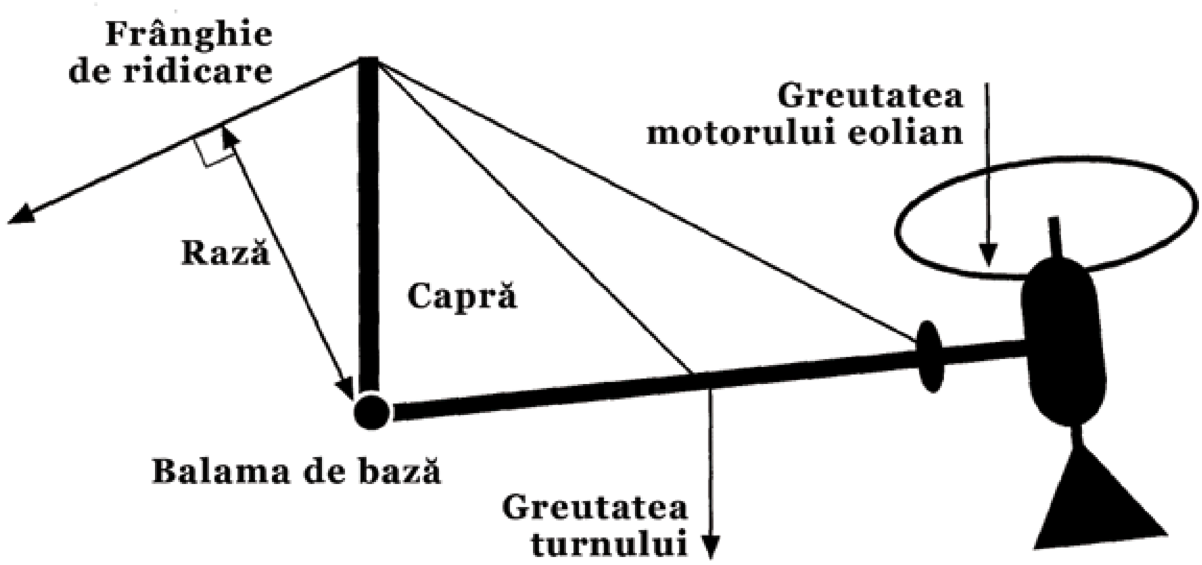
Cât de puternic este suficient?

Trebuie să vă asiguraţi că toate corzile de ancorare, fiarele, ancorele etc. sunt destul de mari ca să poată prelua solicitarea. Iată care sunt paşii spre a ajunge la o mărime potrivită.

Mai întâi, estimaţi forţele maxime care vor afecta durabilitatea structurii. Forţele vântului de ridicare şi de furtună sunt cele mai rele cazuri care se pot întâlni.

Apoi, calculaţi cum acţionează aceste forţe asupra componentelor pe care le proiectaţi. Pentru a translata o forţă care acţionează asupra motorului eolian într-o tensiune în coarda de ancorare, trebuie să folosiţi o tehnică cunoscută ca „raportarea momentelor la un punct". Punctul evident la care se poate face raportarea este baza turnului. De asemenea, merită să aruncaţi o privire asupra punctului de ancorare de sus.

Fig. 8.1 Forțele de pe un turn înclinat



În final, aplicaţi un factor de siguranţă cu valoarea de 5 între „forţa maximă de lucru" (SWL) şi „forţa de rupere" (vedeţi tabelul 8.2 de la pag.111). Dacă forţa de rupere nu se cunoaşte, atunci se poate folosi un factor de siguranţă cu valoarea 2 pentru a testa aranjamentele.

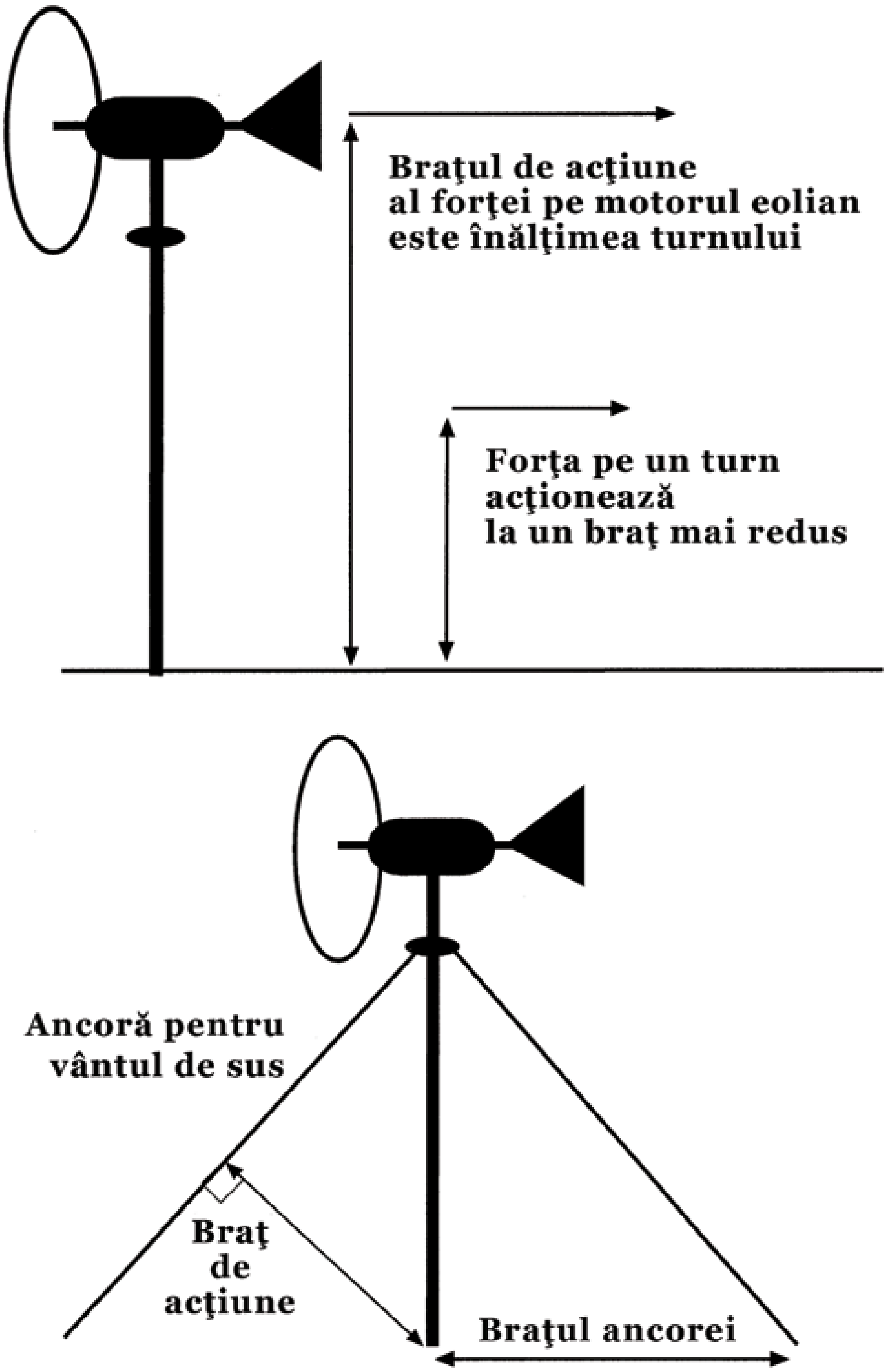
Înălțarea

Puteţi calcula sau măsura cu uşurinţă greutatea motorului eolian şi a turnului. Totuşi, înălţarea turnului nu este întotdeauna un proces lin. Pot fi şocuri şi izbituri care pot dubla forţele actuale. Fiind vorba despre o încărcare dinamică, puteţi folosi un factor de siguranţă suplimentar, cu valoarea 2.

În această carte ne vom uita doar la turnul „înclinat". Baza este prinsă în balamale pentru a permite ca turnul să se rotească sus-jos în mod liber. Coarda de ridicare se trece peste o capră care asigură o rază adecvată de acţiune pentru forţa de ridicare (Fig. 8.1)

Raza de acţiune a corzii de ridicare este aproximativ egală cu lungimea caprei. Cu cât mai lungă este capra, cu atât mai puţină forţă e necesară pentru a ridica motorul eolian şi turnul. Cea mai dificilă etapă este aceea în care turnul este aproape orizontal (Fig. 8.1). Pe măsură ce creşte raza de acţiune asupra greutăţilor, cu atât acestea se diminuează.

Fig. 8.2 Forţele de furtună pe un turn ancorat



Încărcarea datorată furtunii

Încărcarea datorată furtunii doar pe turnul singur depinde de viteza vântului şi de aria suprafeţei turnului opusă vantului, sau proiecţia ei. Presupunând că viteza maximă a rafalelor de vânt este de 50 m/s (180 km/h), atunci vă puteţi aştepta la o forţă de 250kg/mp pe suprafaţa expusă.

Dacă motorul este oprit, sau pus pe încet, atunci puteţi folosi proiecţia suprafeţei pentru a calcula forţa de apăsare pe motorul eolian. Dacă este în funcţiune, dar girează departe de vânt, apăsarea maximă va fi limitată de sistemul de control.

Puteţi echivala momentul de răsturnare al unui turn, datorat apăsării vântului, cu momentul exercitat de tensiunea din ancora vântului de sus (Fig. 8.2).

Frumuseţea folosirii unui turn ancorat este aceea că toate momentele de îndoire sunt preluate de către ancore. Nu e nevoie să încastraţi în pământ baza unui turn ancorat. Are nevoie doar de un pat de fundaţie pentru a nu se scufunda în pământ.

Mâinile pe ridicarea turnului

Ţevile de apă

Cel mai simplu şi mai comun turn pentru un motor eolian mic îl constituie o ţeavă ancorată. Este uşor de lucrat cu ţevile de oţel, fiind uşor de ridicat şi de tăiat, găurit sau sudat. Ţevile mai au avantajul că în interiorul lor se poate introduce cablajul de la motorul eolian. Şantierele de fier vechi sunt o sursă bună pentru ţevi de toate dimensiunile. Tabelul 8.1 arată dimensiunile potrivite pentru diferite mărimi de motoare eoliene.

Nu vă bazaţi niciodată pe partea filetată a ţevilor, deoarece aceasta se îndoaie foarte uşor la solicitări mai mari.

Puteţi face simplu un rulment de pivotare eficient prin trecerea unei ţevi mai largi peste ţeava turnului. Fig. 8.3 arată detaliile unei construcţii sudate ale unui rulment de pivotare şi ale unuia de răsucire, similar cu cel din fig. 6.2 (pag. 91) şi fotografia de la pag. 49. De mentionat despre cablu că acesta atârnă până la jumătatea turnului, la partea superioară putându-se acoperi totul cu fundul tăiat de la o sticlă de plastic. Este un nivel inferior de tehnică, dar este foarte eficient.

Suportul alternatorului depinde de ce fel de alternator folosim, dar un compensator va fi necesar pentru a opera sistemul de scoatere din vânt.

Tabelul 8.1 Dimensiunile țevii și diametrele rotorului

Diametrul rotorului motorului eolian	Diametrul interior sugerat al țevii	Diametrul exterior al țevii
1 metru	4 cm	48,3mm
2 metri	5 cm	60,3mm
3 metri	10 cm	114,3mm
5 metri	15 cm	165,1mm

Fig. 8.3 Confecționarea din țeavă de oțel

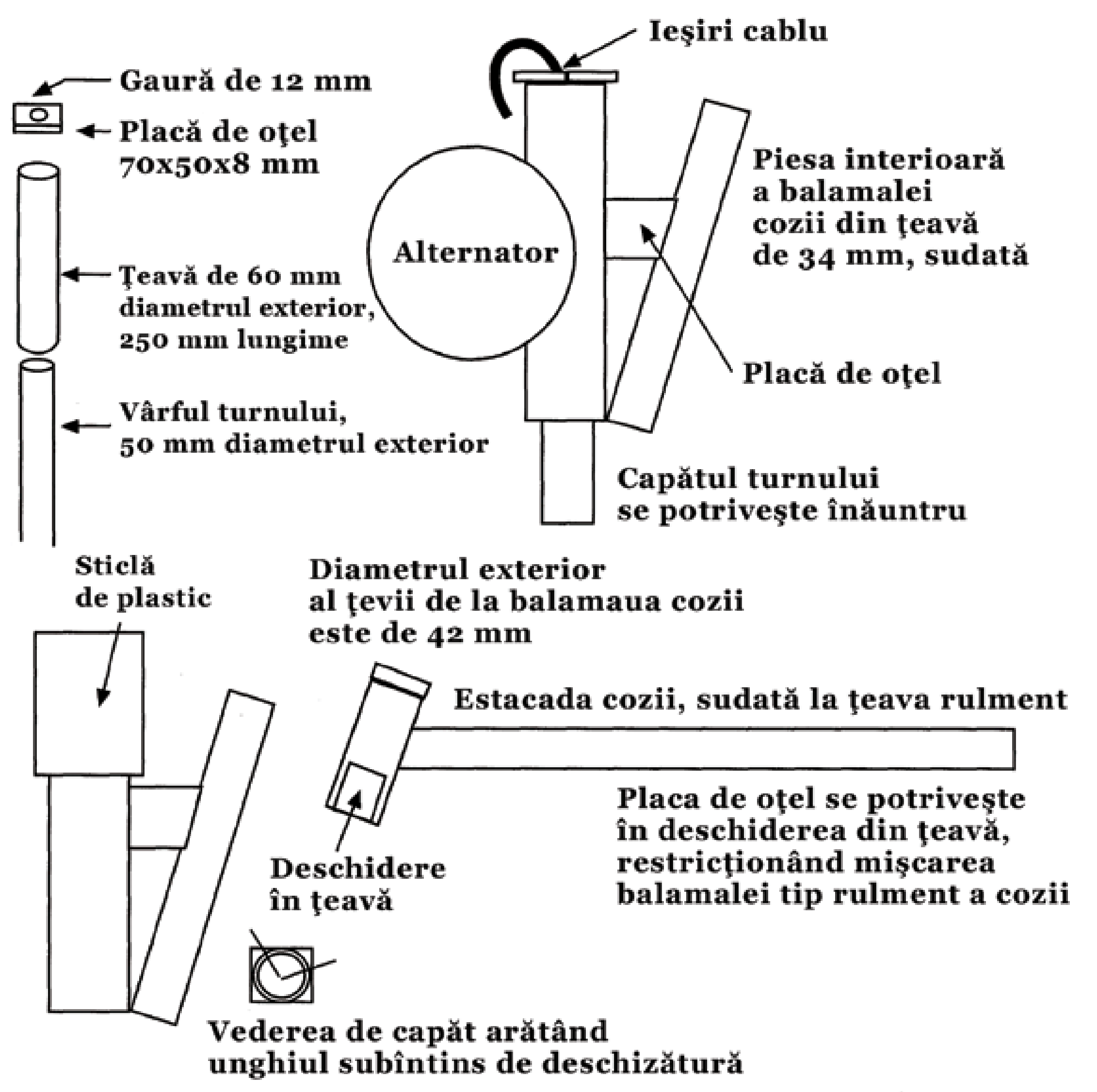


Fig. 8.3 Confecționarea unui rulment de girație și a unei balamale de coadă din țeavă de oțel

Tabelul 8.2 Un ghid aproximativ pentru ancora de oţel

Diametru	SWL	Încărcarea admisă	Încărcarea de rupere
6mm	400 kg	800 kg	2 tone
8mm	700 kg	1,4 tone	3,5 tone

Câteva reguli pentru ancorarea ţevii dumneavoastră:

1. Ataşaţi părţile superioare ale ancorelor cât de aproape puteţi de vârful paletelor. Cu cât mai jos sunt ancorele faţă de motorul eolian, cu atât creşte posibilitatea de îndoire a turnului. Dar aveţi grijă! Vârfurile paletelor pot fi deviate înapoi. Deseori paletele au lovit ancorele!
2. Fixaţi ancorele la bază cât de departe se poate. O rază mică faţă de turn va duce la o legatură prea strânsă şi la o creştere a forţei de flambare a turnului.
3. Consolidaţi turnul cu legături de ancore de şase metri(6m), distanţă între bază şi capătul superior al ancorei.

Numărul minim de ancore care poate fi folosit la fiecare nivel este de trei, dar patru este un număr mult mai convenabil, dacă turnul este în pericol de a fi înclinat sus-jos. Şase sau opt poate fi bine, dacă folosim materiale ieftine, cum ar fi sârma de gard.

Materiale de ancore

Pentru un motor eolian mic (un metru diametru), pe o amplasare temporară, frânghia din fibre poate fi ideală pentru ancorare. Cea din polipropilenă albastră este ieftină, rezistentă şi uşor de folosit. Asiguraţi-vă că ştiţi s-o înnodaţi şi ţineţi vitele departe de ea, le place să mestece aşa ceva!

Sârma de gard este un material cu cost scăzut, potrivit pentru ancorarea motoarelor eoliene cu diametre de rotor până la 2,5m. Este nevoie totuşi de unelte specializate şi de îndemânare pentru a mânui această sârmă de gard.

Coarda metalică este cel mai bun material pentru maşini mari, sau pentru persoane mai puţin îndemânatice. Cumpăraţi-o dintr-un magazin specializat care vă poate furniza toate componentele, inclusiv verigile şi certificatele care vă indică încărcarea maximă la care poate lucra în condiţii de siguranţă.

Furnizorul e posibil să vrea să vi-o taie la lungime, lăsând şi un ochi ondulat (buclă) la un capăt. Celălalt capăt se lasă normal, urmând ca ajustarea lungimii să se facă la faţa locului. Totuşi, este mai ieftin să vă faceţi singur ancorele, tăind cu o daltă şi un ciocan şi făcându-vă singur buclele la capete.

Fig. 8.4 Un ochi la o coardă metalică de oțel

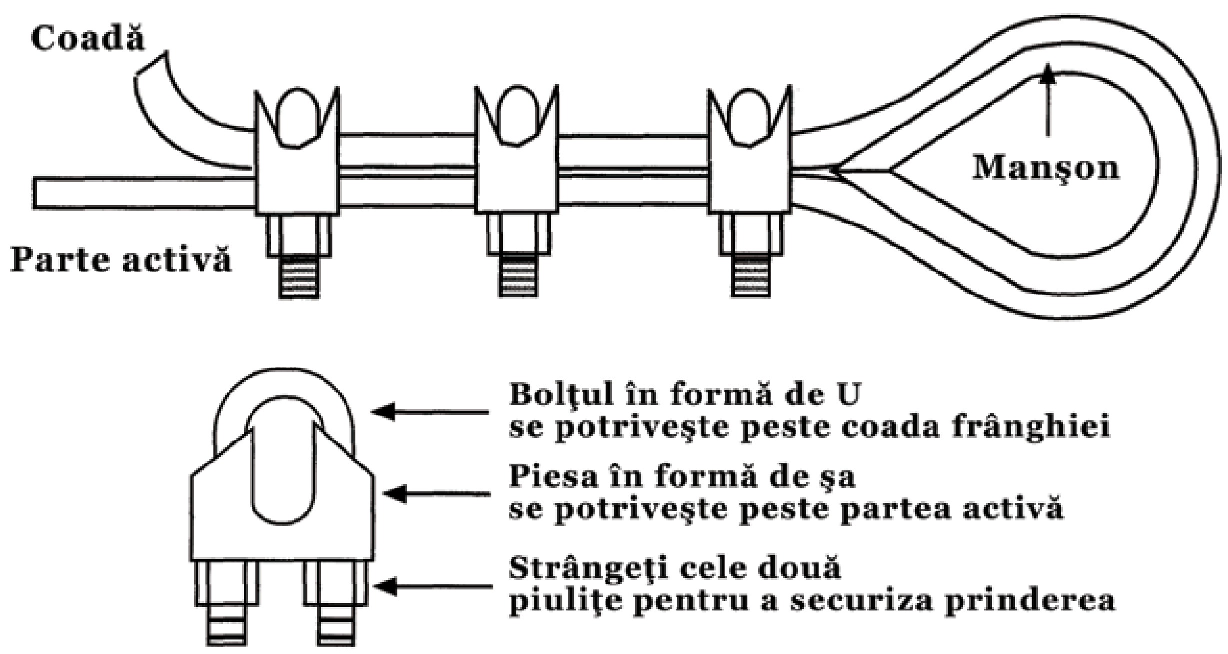


Fig. 8.4 Confecționarea unei bucle la capătul unei corzi de oțel. Folosiți cel puțin trei prinderi pentru a securiza capătul de partea activă. În realitate ele sunt deseori mai rare.

Pentru a face un ochi la sfârşitul unei corzi flexibile de oţel aveţi nevoie de un manşon şi de cel puţin trei prinderi cu bolţuri în formă de U. Manşonul este o inserţie care ajută şi protejează interiorul buclei frânghiei. Prinderile (cunoscute ca prindere tip buldog, cleme de cablu sau scoabe Crosby) asigură coada frânghiei de partea activă (vezi Fig. 8.4).

Când strângeţi piuliţele, bolţul tip U se va ataşa de coadă, nu pe partea activă. Piesa în formă de şa se va aşeza pe partea activă.

Folosiţi întinzătoare sau şuruburi speciale pentru a întinde ancorele (Fig. 8.5). Evitaţi tipul cu cârlig la capăt. Cârligul se poate îndoi sau rupe la sarcină, sau frânghia poate aluneca dacă se slăbeşte. Folosiţi întinzătoare cu ochi sau gheară la sfârşit (sau ambele).

Terminaţiile în ochi sunt ideale pentru ataşarea verigilor. Puteţi potrivi un manşon direct la ochi, dacă îl deschideţi cu grijă. Cel mai bun mod de a deschide un manşon este prin răsucirea lui (Fig. 8.5).

Terminaţia în gheară este foarte folositoare, atât timp cât puteţi introduce cu uşurinţă un manşon sau să potriviţi gheara peste o placă de oţel cu găuri pentru bolţuri (vezi Fig. 8.6). O singură placă de oţel la ancoră poate susţine mai multe întinzătoare; câte unul pentru fiecare coardă. Ancorele laterale (vedeţi mai târziu) vor avea nevoie de verigi pentru extraflexibilitate.

Fig. 8.5 Dispozitive de tensionare

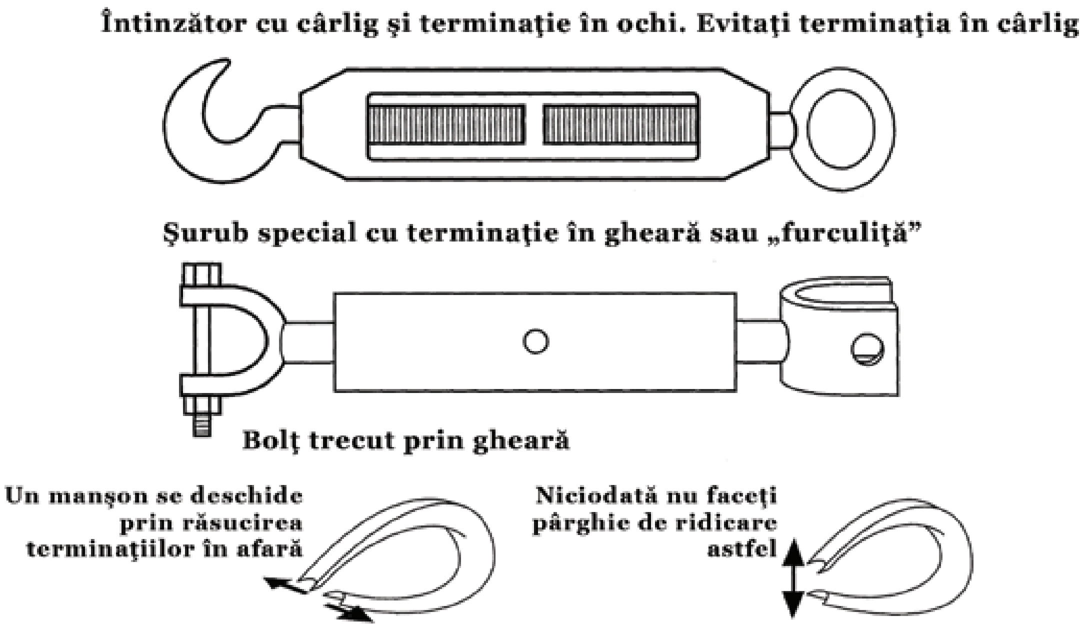


Fig. 8.6 Întinzătoare pe o placă de oţel

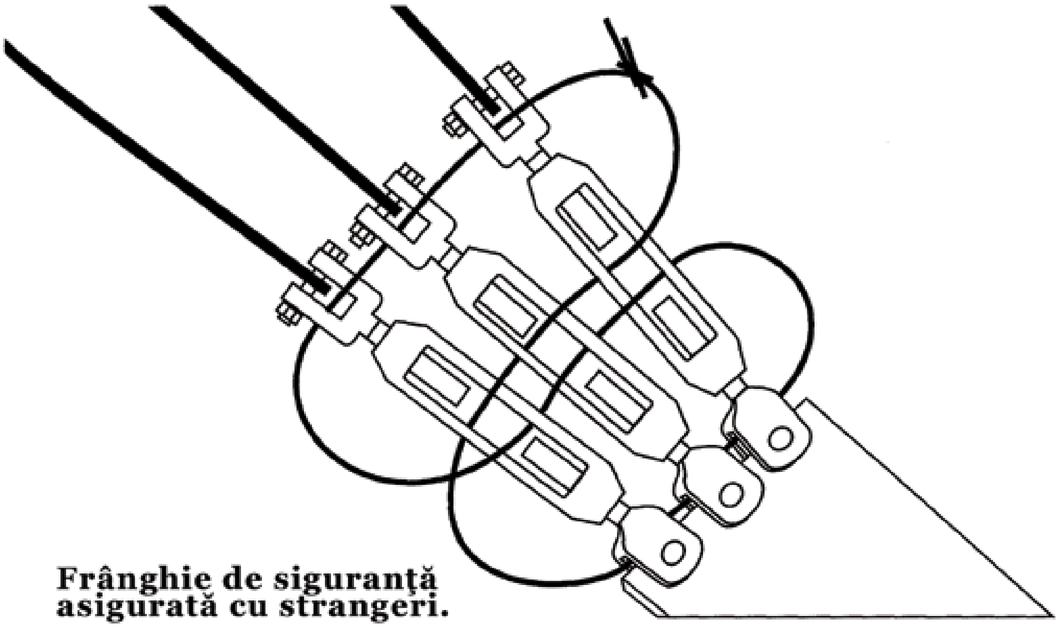
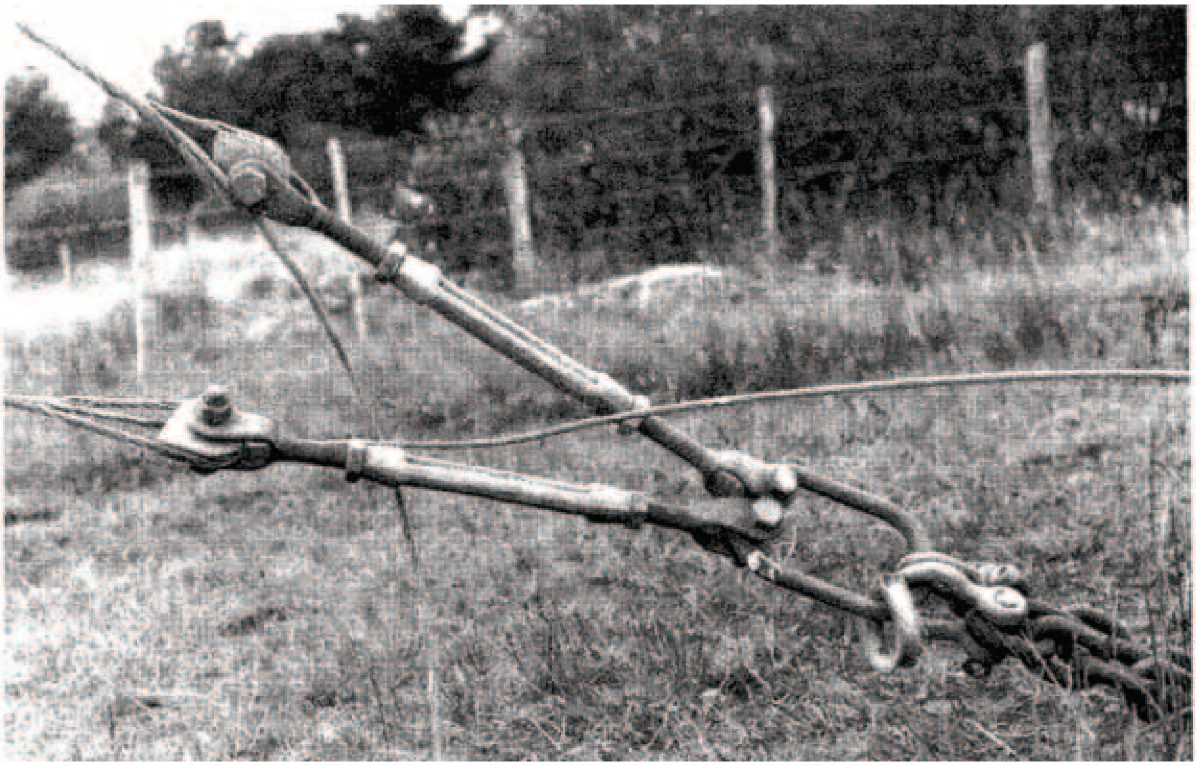


Fig. 8.6 Întinzătoare cu gheare prinse de o placă de oţel

Întinzătoare terminate în gheară



Lanțurile sunt atașate la un „mort”.

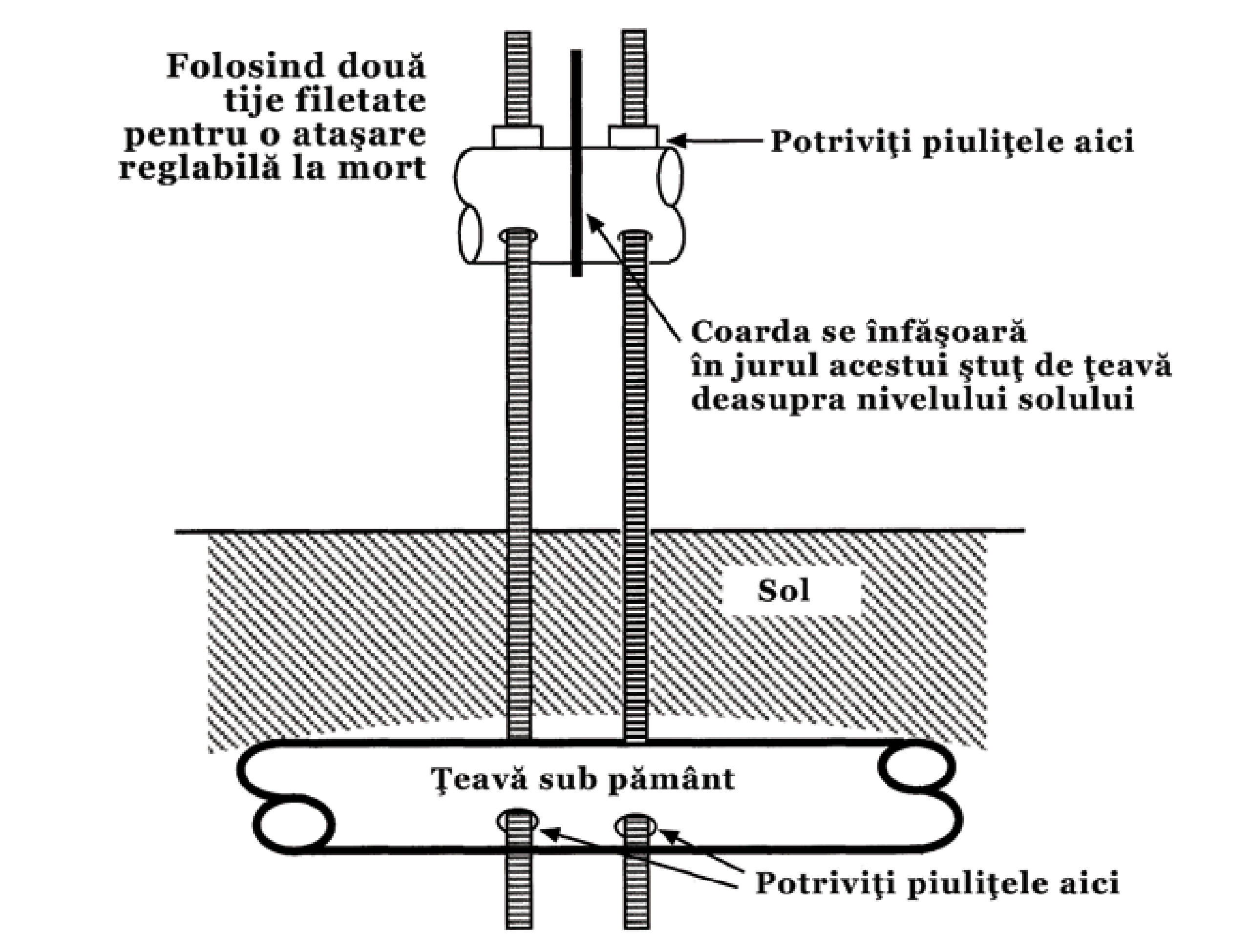
Asiguraţi întinzătoarele împotriva pierderii accidentale (sau vandalismului) prin trecerea unei părţi de rezervă a frânghiei de sârmă (frânghia de siguranţă) prin corpul întinzătorului şi, de asemenea, prin verigile sau furcile de la fiecare terminaţie. Legaţi terminaţiile frânghiei de siguranţă împreună, cu dispozitive de prindere.

O alternativă cu cost redus la folosirea întinzătoarelor este cu „tijă fixă”, folosită peste tot pentru polii de electricitate. Aceasta este o bară lungă şi groasă de oţel care conectează o ancoră îngropată (sau „mort”) de coardă. La vârf, bara este filetată pentru a putea regla poziţia de „arc” larg care susţine coarda ancoră.

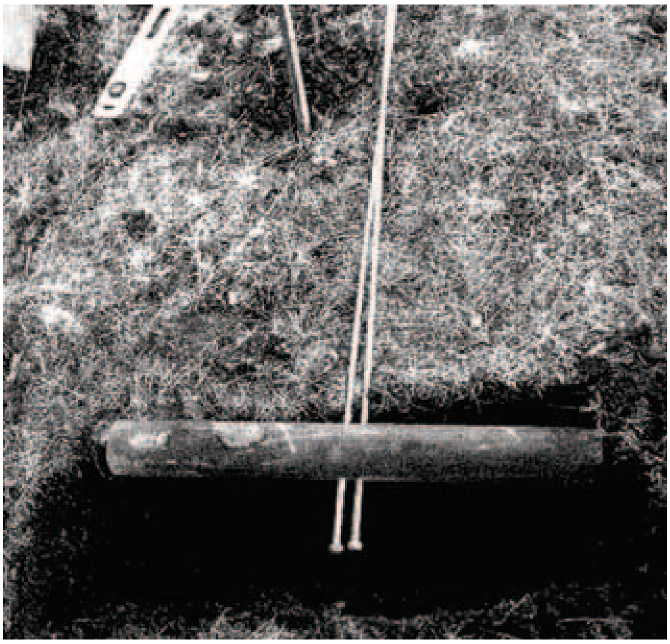
Dacă nu vă permiteţi să cumpăraţi armături speciale, două tije filetate şi galvanizate M12 vor face o bună conectare reglabilă la o ţeavă de oţel îngropată (Fig. 8.7).

Frânghia de ancoră nu necesită nici un manşon în acest aranjament. Puteţi evita folosirea unui manşon şi la partea superioară trecând frânghia de ancorare mai degrabă prin jurul turnului, decât să folosiţi o verigă. Aveţi grijă că vibraţia corzii nu o uzează acolo unde întâlneşte ţevăria.

Fig. 8.7 Ancorare reglabilă realizată manual

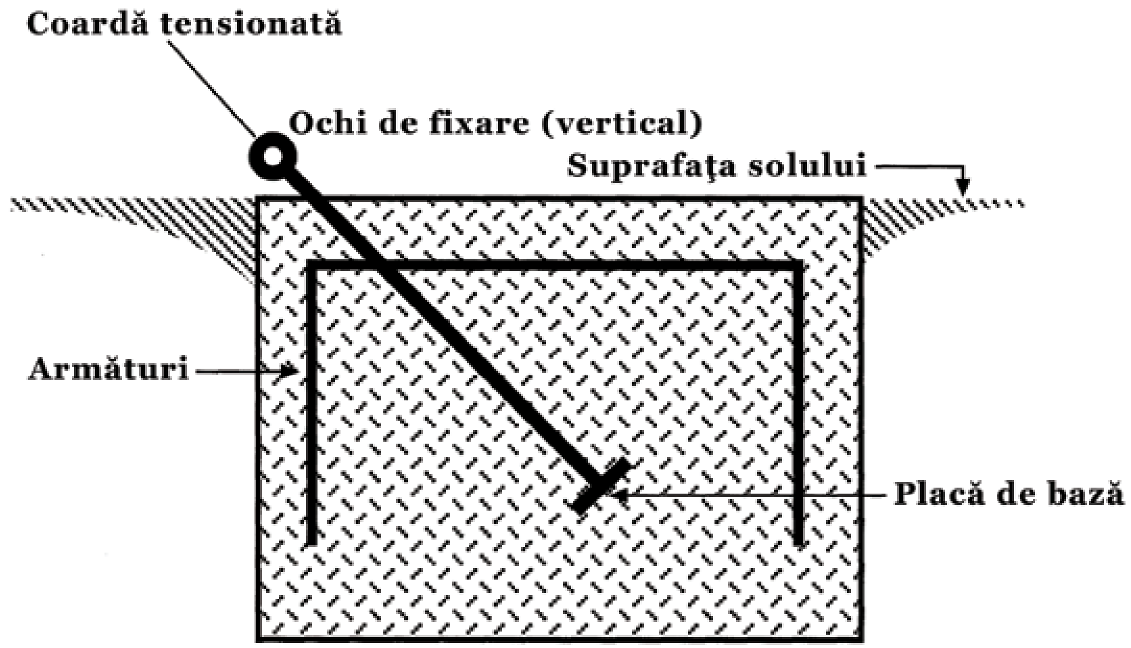


Un mort cu două tije



Gata pentru a fi îngropat

Fig. 8.8 Ancoră în bloc de beton



Ancore

Blocuri de beton

Cea mai simplă ancoră este o masă de beton armat, turnat în pământ. Un metru cub de beton cântăreşte peste două tone şi aceasta masă va fi potrivită, în mod normal, pentru rotoare cu diametrul de până la 3m (ar trebui să vă faceţi calculele dumneavoastră, bazate pe raza ancorei). Ancorele de beton se pot realiza pe loc, prin turnarea amestecurilor gata preparate în gaură.

Aveţi nevoie de armături şi la partea de sus şi la cea de jos a blocului turnat. Ele nu trebuie să străpungă supraafaţa blocului, deoarece pot să se corodeze (vezi Fig. 8.8).

Ochiurile de bolţ, sau plăcile, sunt încorporate în ancoră pentru a furniza legături pentru corzi. Dacă o ancoră e folosită şi la un troliu, e o bună idee de a avea şi o ureche separată pentru acesta. Linia ancorei ar trebui să treacă prin centrul de gravitaţie al blocului ancoră.

Şuruburile de beton

Acolo unde sunt suprafeţe mari de beton expuse, atunci e mai ieftin să folosiţi şuruburi de beton, decât ancore de beton. Probabil cel mai simplu tip de şurub de beton care să se potrivească este cel furnizat cu răşină epoxidică în flacon de sticlă. Puneţi un flacon în gaură şi

apoi bateţi bolţul acolo, mai târziu. Dacă aveţi dubii referitoare la rezistenţa lui, atunci faceţi o probă cu o încărcare de două ori, să zicem, forţa activă. Acest calcul este foarte liniştitor.

Mortul

Un obiect îngropat (cunoscut sub numele de „mortul") este o ancoră excelentă. Coarda de sârmă sau sârma de gard nu sunt potrivite pentru a fi folosite sub pământ, sau la nivelul solului, deoarece se corodează. Aveţi nevoie de ceva gros. Corzile sunt legate la un lanţ, sau la un întinzător de la ancoră, deasupra nivelului solului.

Săpaţi o groapă şi îngropaţi în ea o bucată de ţeavă de oţel sau de cherestea tratată. Adâncimea depinde de forţele implicate, dar între o jumătate de metru şi un metru este suficient, de obicei. Dacă nu sunteţi sigur de rezistenţa unei ancore de pământ, atunci puteţi să faceţi un test de încărcare.

Stâlpi de gard și alți țăruși

Pentru motoare eoliene cu diametre mai mici de 2,5 m, cu unghiuri mici la corzile de ancorare (unde raza corzii depăşeşte înălţimea turnului), puteţi pur şi simplu să folosiţi ţăruşi înfipţi în pământ, ca ancore. Ţinerea va depinde numai de condiţiile solului, de rezistenţa lui.

Folosiţi o bucată groasă de ţeavă galvanizată de oţel sau un stâlp de gard tratat, bine înfipte la unghiurile potrivite faţă de linia corzii. Un mijloc de semi- arbore poate deveni un ţăruş ancoră manevrabil (completat cu flanşă şi găuri pentru eclise). Ancorele din ţăruşi de oţel au avantajul de a fi uşor de înfipt la adâncimea corespunzătoare.

Turnurile cu înclinare

Turnurile cu înclinare sunt articulate prin pivoţi la nivelul solului, pentru o ridicare mai uşoară. Folosiţi o capră pentru a furniza raza suficientă frânghiei de ridicare (Fig. 8.1). Unele turnuri vor avea nevoie de mai multe corzi de la capră la turn, pentru a preveni încovoierea acestuia de la mijloc.

Figurile 8.9 a şi b de pe pagina următoare arată modul de confecţionare a câtorva articulaţii tipice cu pivoţi de bază. Nu uitaţi să lăsaţi o ieşire pentru cablu.

Ancorarea turnurilor înclinate

Veţi avea nevoie de patru corzi de ancorare, la distanţe egale între ele şi la unghiuri potrivite (vezi Fig. 8.10). Cele două ancore în linie cu pivotul de la baza turnului sunt ancorele laterale. (Acestea sunt folosite şi la ancorarea caprei.) Cea cu care se ridică motorul eolian este ancora de ridicare. Cea pe care motorul eolian stă la început este ancora din spate.

Fig. 8.9a Confecționarea balamalelor de bază

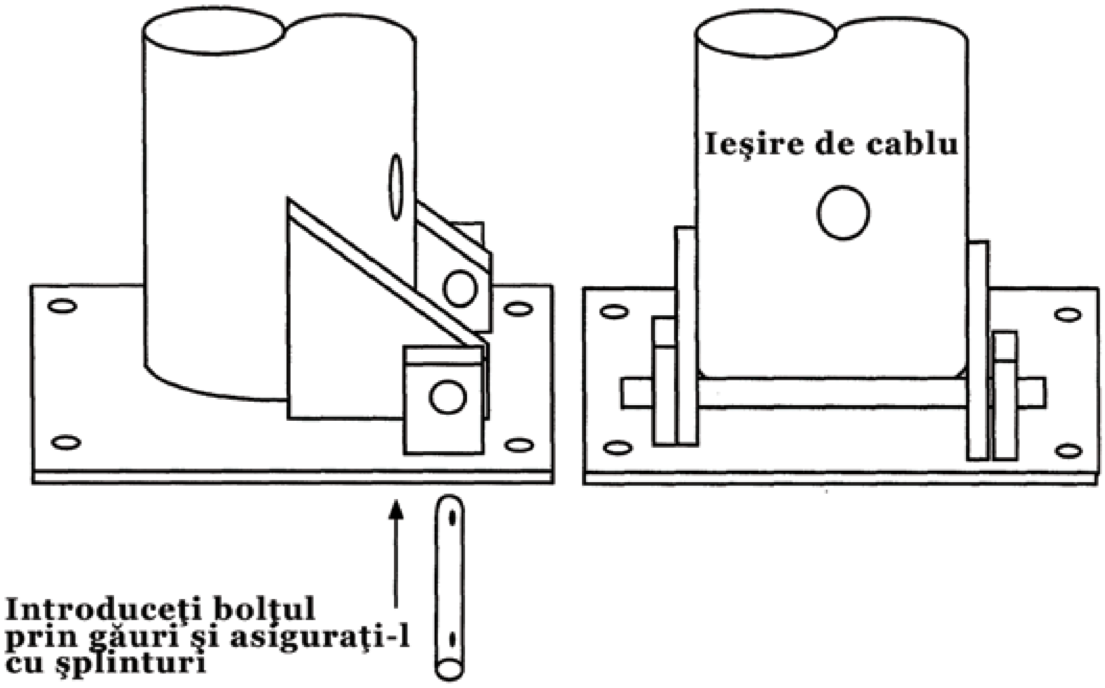


Fig. 8.9b Postamentul cu găuri și bolțuri

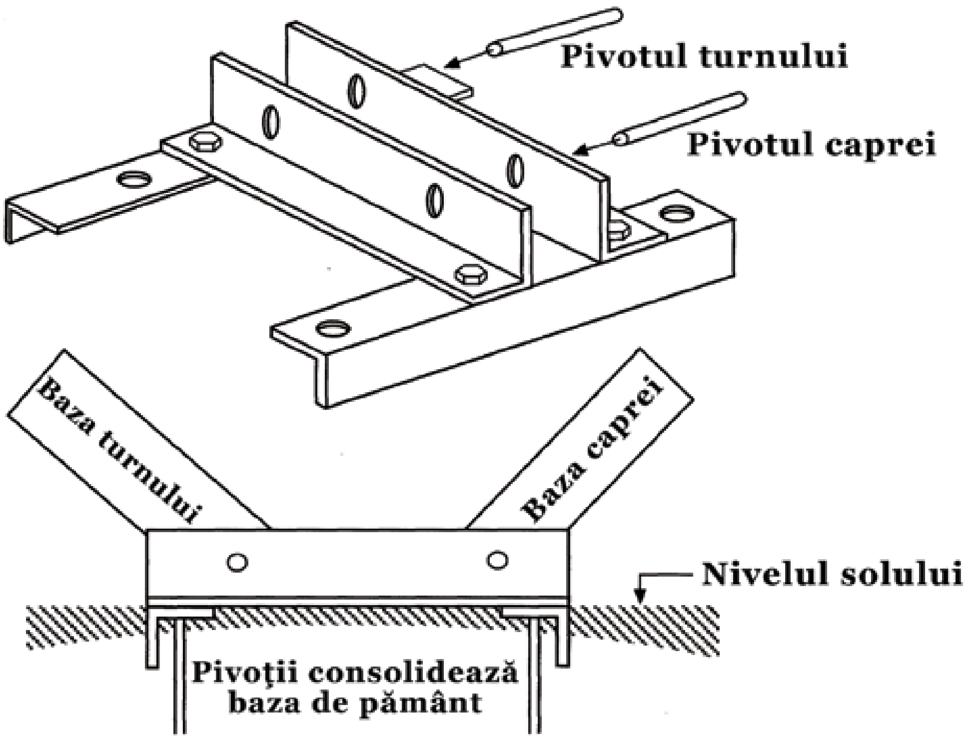


Fig. 8.9b Articulația cu balama de bază, folosind oțel cornier găurit și articulare cu bolțuri

Fig. 8.10 Amplasarea ancorei pentru un turn înclinat

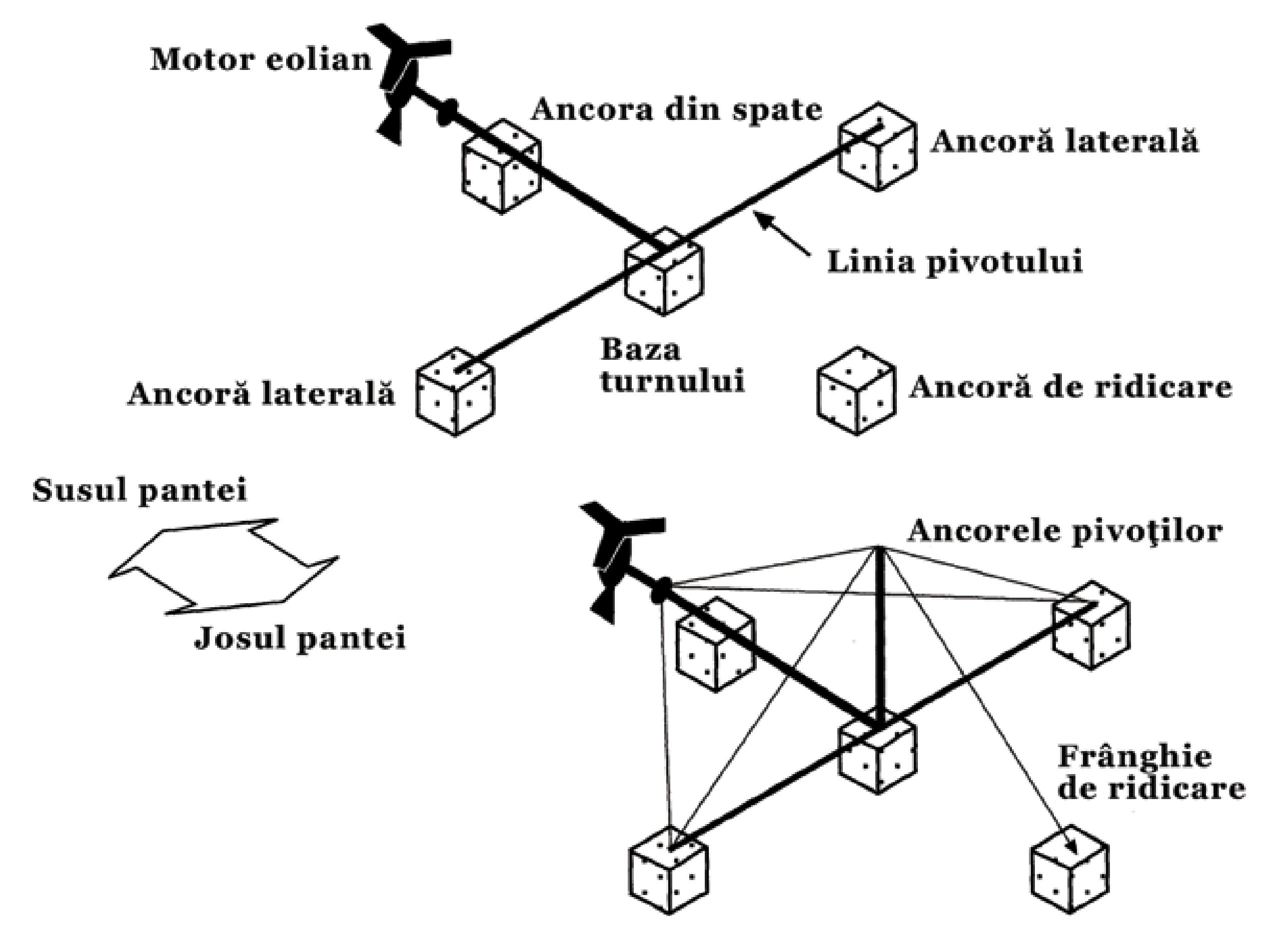


Fig. 8.10 Ancora de ridicare este înclinată în jos, iar ancorele laterale și baza turnului sunt pe același contur

Dacă pământul e înclinat, atunci ancorele laterale trebuie să fie pe acelaşi contur cu baza turnului. Ancora de ridicare va fi în josul pantei, iar ancora din spate, în susul pantei.

Faceți linia pivotului dreaptă

Linia dintre cele două ancore laterale trebuie să treaca exact prin pivot, nu prin centrul bazei turnului însuşi, dacă pivotul este echilibrat, ori de câte ori e nevoie. Această manevră este mai importantă decât nivele exacte ale diferitelor ancore. O vedere aliniată de la o legătură de ancoră laterală la alta trebuie să treacă prin bolţul pivotant.

Dacă această linie nu este dreaptă, atunci corzile laterale vor strânge fie că sunt ridicate, fie că sunt lăsate. Această situaţie poate fi posibil periculoasă. Se produc forţe foarte mari, iar oamenii implicaţi nu se uită, de regulă, la corzile laterale, dar mai ales la coarda de ridicare şi motorul eolian. Corzile laterale se pot întinde prea mult şi se pot rupe, cu consecinţe dezastruoase.

Fig. 8.11 Lungimea stâlpului egală cu raza corzii

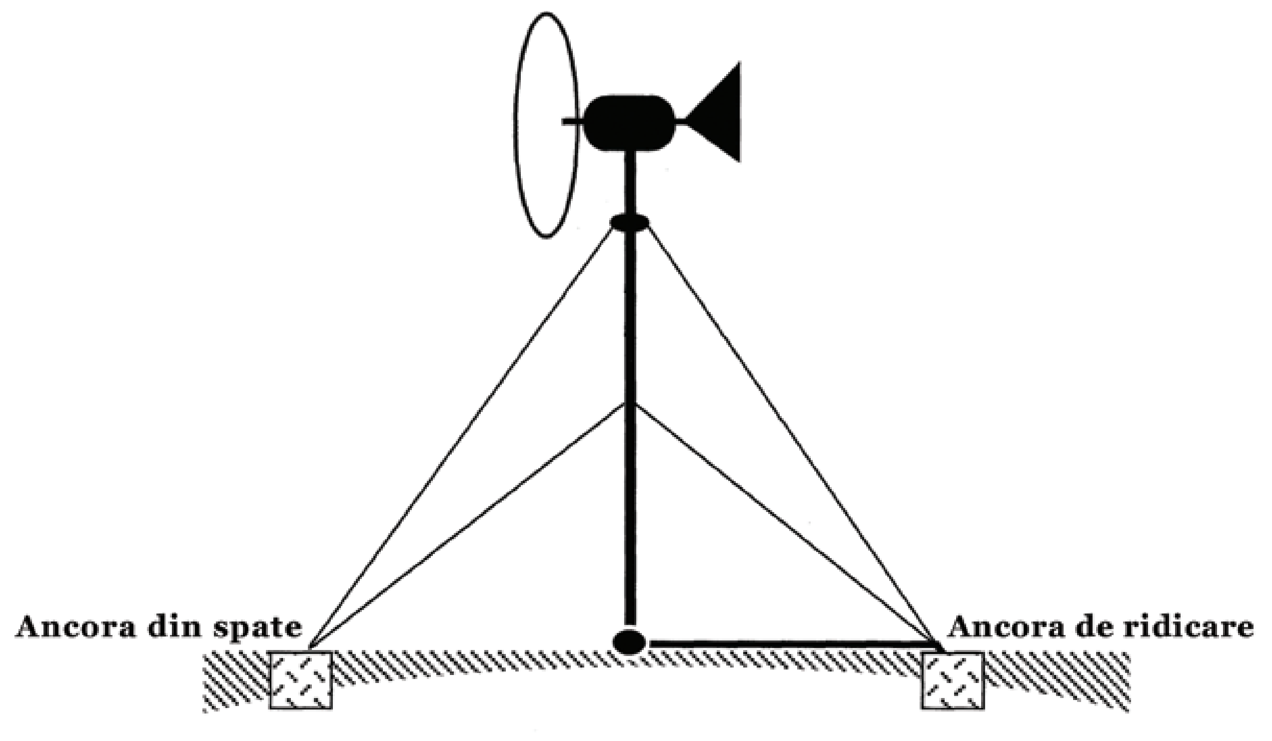


Fig. 8.11 Când ridicați turnul, fixați pivotul la ancora de ridicare

Lungimea caprei

Cu cât mai lungă este capra, cu atât este mai uşor de ridicat, aşa că faceţi-o cât de lungă se poate, în mod convenabil. Dacă raza corzii e mai mică decât înălţimea turnului, atunci faceţi-o lungă cât să ajungă la ancora de ridicare, astfel că nu mai aveţi nevoie decât să cuplaţi capra (completată cu corzi) la ancoră (Fig. 8.11).

Sugestii pentru ridicarea sigură a turnurilor înclinate

Siguranţa trebuie să fie întotdeauna prima consideraţie. Luaţi lucrurile încet. Dacă aveţi nevoie de foarte multă forţă, atunci faceţi ceva greşit.

- Asiguraţi-vă că ancorele laterale sunt în linie şi la nivel cu pivotul bazei turnului.
- Puneţi turnul la unghiurile potrivite la linia din susul pantei şi asamblaţi pivotul bazei.
- Ataşaţi corzile laterale la ancorele laterale şi reglaţi-le.
- Puneţi capra pe linia pivotului şi ataşaţi corzile de la ea la turn, înainte de a ridica ambele laterale ale caprei.

- Găsiţi lungimea aproximativă a corzilor din spate (punându-le la o ancoră laterală) şi ataşaţi-le la ancora din spate.
- Ataşaţi la turn orice coardă rămasă liberă datorită grabei de a ridica turnul, prin ataşarea la ancora de ridicare.
- Verificaţi totul complet, în special aranjamentele de ridicare. Toate verigile trebuie să fie strânse şi toate şuruburile asigurate.
- Poate doriţi să ataşaţi o frânghie în spate, pentru controlul turnului (vedeţi mai târziu).
- Ridicaţi turnul fără motorul eolian, de probă.
- Ridicaţi în mod intenţionat încet, fără scuturături. Opriţi din când în când şi verificaţi întinderea corzilor. Nimeni nu trebuie să treacă pe sub turn în timpul ridicării.
- Când e aproape ridicat, opriţi şi verificaţi vizual dacă sunt înnodate sau răsucite în vreun fel corzile din spate.
- E posibil să aveţi nevoie să controlaţi turnul cu frânghia din spate pentru a preveni contrabalansarea caprei şi scuturături la ancora din spate.
- Reglaţi toate corzile spre completa dumneavostră satisfacţie înainte de a coborâ turnul şi de a monta motorul eolian.

Folosirea unei capre



**Un scripete pe o capră
şi un turn înclinat de 12 m**

Fig. 8.12 Vinciul manual de tip „Tirfor”

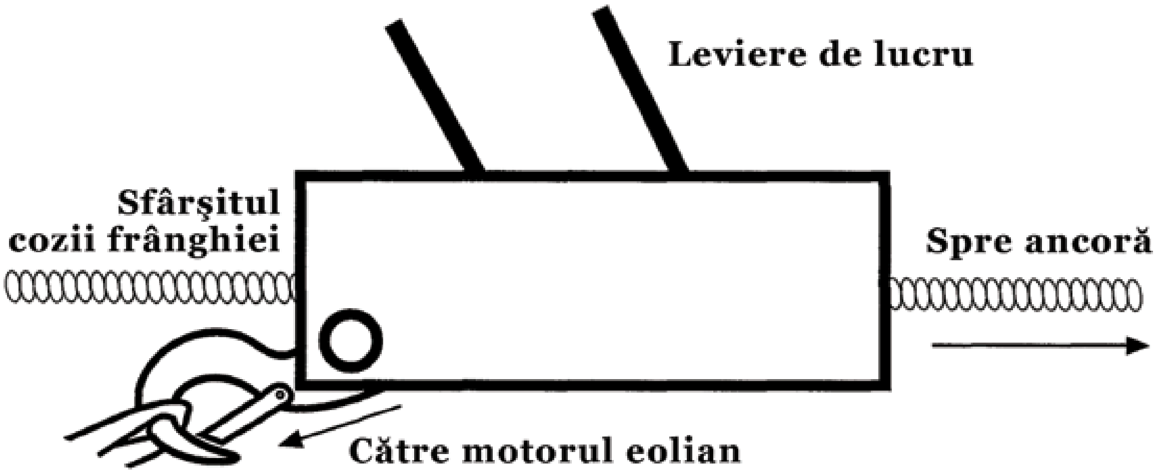


Fig. 8.12 Frânghia trece prin și în spate

Reglajul corzilor

Toate cuplările trebuie sa fie întinse din plin, de la prima încercare. Dacă sunt mai mult de un set de corzi, atunci începeţi reglajul cu cele de jos. Plasaţi o nivelă cu bulă de aer pe turn. Când partea de jos a turnului este verticală, puteţi face restul observând de-a lungul turnului şi verificând dacă este drept.

Câteva frânghii vor avea nevoie să fie întinse, câteva să fie slăbite. Reglaţi-le câte una pe rând. Slăbiţi prinderile frânghiilor şi trageţi de partea slăbită cât de tare puteţi, cu mâna. Când frânghiile sunt întinse atât de mult cât puteţi să o faceţi, iar turnul este vertical, strângeţi piuliţele.

Nu supraîntindeţi corzile de frânghie, aceasta va supraîncărca totul inutil. Începeţi să rotiţi piuliţele cu mâna, apoi ajutaţi-vă de o cheie fixă. Dacă turnul nu este vertical, atunci puteţi regla din piuliţe. Va trebui să slăbiţi o coardă înainte de a o întinde pe cea opusă ei.

Vinciuri şi sisteme de scripeţi

Dacă trebuie să cumpăraţi ceva, cea mai bună investiţie este un vinci manual de tip Tirfor. (Mai sunt şi alte mărci, dar ele sunt similare şi numele se aplică la toate.)

Tirfor este greu de învins la ridicarea turnurilor înclinate, pentru că este încet şi sigur. Sunt două leviere pe care le puteţi folosi: unul este pentru întinderea şi celălalt pentru slăbirea frânghiei. Când nu mai mişcaţi levierele, frânghia este fixată în poziţie. Vinciul lucrează

„mână peste mână”, aşa că nu este limită la lungimea frânghiei care poate fi procesată, dând astfel timp (vezi Fig. 8.12).

Maşinile Tirfor sunt disponibile pe game de mărimi, fiecare fiind proiectată pentru o anumită valoare sigură a sarcinii de lucru, dar îi puteţi creşte această capacitate de încărcare, dacă este necesar, folosind şi scripeţi. Aceasta va necesita mai multă frânghie decât la tragerea directă.

Remorcarea cu un vehicul

Este un mod atractiv de a ridica lucruri, deoarece aproape toţi oamenii posedă un vehicul fără a face o cheltuială suplimentară. Nu este la fel de controlabil ca la folosirea unei maşinării Tirfor totuşi şi poate sfârşi prin a vă costa mai mult dacă nu sunteţi atent!

Problema se reduce la vehiculul care poate fi prea rapid în multe cazuri, aşa că lucrurile merg mai bine cu:

- capre lungi;
- sisteme de scripeţi care dublează frânghia;
- vehicule cu raport mic la cutia de viteze.

Așa ajungem la sfârșit

Nu mai este mult până la momentul magic în care motorul dumneavoastră eolian va porni şi puterea va curge în baterii pentru prima oară. Dacă nu este vânt, puteţi lua aceasta de bun augur. Este primul gust al unei iubiri perverse a energiei vântului. Unul dintre avantajele unei instalaţii eoliene de succes este că vremea devine deodată foarte calmă, pentru săptămâni întregi.

Sper că v-a plăcut cartea şi aţi învăţat câteva lucruri noi pe care le puteţi folosi. Mult a fost lăsat pe dinafară din lipsă de spaţiu, aşa că atenţie la ediţii viitoare. Sunt întotdeauna bucuros să discut detalii la telefon sau pe e-mail, dar refractar să răspund la întrebarea fără valoare „Vă rog, spuneţi-mi cum să construiesc un motor eolian”. Răspunsul nu e simplu, dar sper că sunteţi de acord că merită să-l aflaţi.

ECUAȚIILE ENERGIEI EOLIENE

(aceste ecuații sunt într-o formă potrivită de a fi folosite într-un program computerizat).

* înseamnă "înmulţit cu", / înseamnă "împarţit la", ^ înseamnă "ridicat la puterea" primului lucru (şi numai) care urmează după simbol.

Variabilă	Simbol	Unități	Note sau ecuație
Pi	Pi	niciuna	Pi=3,14 (constantă geometrică)
Densitatea aerului	ro	kg/m^3	ro=1,2 (depinde de temperatură)
Coeficientul puterii	Cp	niciuna	Cp<0,6; să zicem 0,15
Viteza vântului	V	m/s	încercați 10m/s (36 km/h)
Diametrul	D	metri	D=[P/(Cp*ro/2*Pi/4*V^3)]^0,5
Puterea	P	watt	P=Cp*ro/2*Pi/*D^2*V^3
Viteza medie	Vm	m/s	Vm= în jur de 5m/s de obicei
Puterea medie	Pm	watt	Pm= 0,14*D^2*Vm^3 (aprox.)
Raportul vitezei maxime	tsr	niciuna	tsr=rpm*Pi*D/60/V
Viteza axului	rpm	rpm	rpm=60*V*tsr/(Pi*D)

Proiectul paletei

Variabilă	Simbol	Unități	Note sau ecuație
Rază (centru)	Rs	metri	distanța de la centrul axului
Nr. de palete	B	niciuna	unul întreg (preferabil 3)
Coef. de ridicare	Cl	niciuna	Cl=0,8 să zicem (Alpha dependent)
Unghiul de atac	Alpha	grade	Alpha=4 să zicem (ales pentru cel mai bun raport ridicare/tracțiune)
Unghiul de așezare	Beta	grade	Beta=ATAN(D/3/Rs/tsr)*57,3-Alpha
(Notă: „ATAN( )" este o funcție program care vă dă „unghiul a cărei tangentă este" în radiani).			
Lungimea coardei	Cw	metri	Cw=1,4*D^2/Rs*COS(Beta/57,3)^2/tsr^2/B/Cl

Alternatoare

Variabilă	Simbol	Unități	Note sau ecuație
Nr. de poli	Np	niciuna	Np=120*f/rpm
frecvența	f	Hz	f=Np*rpm/120
Lungimea intervalului de aer	Lgap	m	lungimea paralelă cu axul
Diametrul intervalului de aer	Dgap	m	Dgap= distanța de la axul arborelui^2
Aria intervalului de aer	Agap	m^2	Agap=Lgap*Pi*Dgap
Viteza de scurtcircuit	Crpm	rpm	Crpm=12 volți viteza de scurtcircuit
Nr. de bobine		Ncoils	Ncoils=numărul de bobine in serie
Rotire/bobină		Nturns	Nturns= 1200/Agap/Crpm/Ncoils

(Notă: aceasta este doar aproximativ. Creşteţi cu 50% pentru intervalele de aer foarte mari).

Pierderi în sârmele și cablurile de cupru

Variabilă	Simbol	Unități	Note sau ecuație
Diam. sârmei	Wdiam	mm	Wdim=diametrul sârmei
Aria sârmei	Warea	mm^2	Warea=Wdiam^2*0,785
Lungimea cablurilor duble	Tcl	m	dacă verificați cablurile
Lungimea simplă a cablurilor	Swl	m	Swl=Tcl*2 (sau Swl=lungimea sârmei în bobine)
Rezistența sârmei simple	Swr	ohmi	Swr=Swl/Warea/50

(Notă: Rezistenţa e calculată la temperatura cuprului de 50°C, crescut cu factorul de 0,04/grad C).

Curent	I	amperi	I=curentul prin bobină sau cablu
Căderea de tensiune	Vc	volți	Vc=Swr*I
Puterea pierdută	Ploss	watt	Ploss= V*I

Forța laterală pe coada paletelor

Variabilă	Simbol	Unități	Note sau ecuație
Aria cozii	Ac	m^2	Ac>D^2/40
Forța laterală	Fl	kgf	Fl=Ac*V^2/16
Apăsarea pe rotor	Fr	kgf	Fr= D^2*V^2/24

EXEMPLE LUCRATIVE CUM SĂ FOLOSIȚI ECUAȚIILE ENERGIEI EOLIENE PENTRU PROIECTUL MOTORULUI EOLIAN

Ecuațiile folosesc variabile pentru a calcula răspunsurile, care ele însele pot deveni variabile în ecuațiile viitoare. Notele sugerează valori pentru primele patru variabile: Pi, rho, Cp și V.

Să zicem că proiectăm o mașină de 300 watt. Dacă deja nu ne-am decis asupra diametrului rotorului citind capitolul unu, atunci:

D = [P/(Cp*rho/2*Pi/4*V^3)]^0,5 = [300/(0,15*1,2/2*3,14/4*10^3)]0,5 = 2,06 m

Invers, dacă deja am ales un diametru de 2 m, atunci puterea de ieșire la un vânt de 10m/s va fi de :

P = Cp*rho/2*Pi/4*D^2*V^3= (0,15)*(1,2/2)*(3,14/4)*4*1000 = 283 Watt

(Variabilele introduse sunt aproximative, așa că rotunjiți răspunsurile la 2m si 300 w).

Puterea medie de ieșire e folosită pentru a vedea cât putem folosi de la turbina eoliană. Dacă avem un teren bun, cu o viteză medie a vântului de 5m/s, atunci:

Pm = 0,14*D^2*Vm^3 = 0,14*2^2*5A3 = 70 watt în medie

(De exemplu, o sarcină de 240 watt pentru 7 ore din 24, folosește (7/24)*240=70 watt putere medie, ignorând pierderile din baterie!)

Să presupunem acum că găsim un generator care produce 300 watt la 1000rpm. Putem calcula viteza la extremitatea rotorului:

tsr = rpm*Pi*D/60/V = 1000*3,14*2/60/10 = 10,5

Citind capitolul trei decideți că aceasta este cam delicat de construit, în schimb calculați turația pe care o puteți obține cu o viteză periferică de 6:

rpm = 60*Y*tsr/(Pi*D) = 60*10*6/(3,14*2) = 573 rpm

Totul este bazat pe o viteză a vântului de 10m/s. Trebuie luate în considerare și condițiile de putere și viteză la un vânt slab, cum ar fi de 3m/s:

P = Cp*rho/2*Pi/4*D^2*3^3= (0,15)* (1,2/2)* (3,14/4)*4 *27 = 7.6 Watt

rpm = 60*Y*tsr/(Pi*D) = 60*3*6/(3,14*2) = 172 rpm

(Așadar generatorul trebuie să producă ceva putere și la turații sub 200 rpm, dacă trebuie să lucreze și la vânturi slabe).

Secțiunea „**Proiectul paletei**" sugerează forma paletei la fiecare punct (vezi pag. 30). Să zicem că folosim 5 puncte de-a lungul lungimii paletei la distanțele „Rs" de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1 metru. Alegem B=3 palete, Cl=0,8 și alpha=4. La fiecare punct de oprire vom găsi unghiul de așezare Beta și lărgimea coardei „Cw" (paginile 31-32).

Funcția „ATAN{}" lucrează pe cele mai multe computere pentru a da un unghi în radiani. Multiplicați-l cu 57,3 pentru a obține valoarea lui în grade. Puteți afla răspunsul ți cu un minicalculator științific apăsând „INV" și apoi „TAN". Dacă răspunsul este în grade, atunci nu e nevoie să multiplicați ccu 57,3.

La punctul de oprire de pe extremitate, Rs=1, avem:

Unghiul de așezare Beta=ATAN(D/3/Rs/tsr)-4= ATAN(2/3/1 /6)-4 = ATAN(0,111)-4 = 6-4 = 2 grade.

Lărgimea coardei Cw= 1,4*D^2/Rs*COS(Beta/57,3)^2/tsr^2/B/CI

= 1,4*4/1 *COS(6)^2/36/3/0,8 = 0,064 metri.

La extremitate coarda este largă de 64mm și face un unghi de 2 grade cu planul rotorului. La alte puncte de oprire lărgimea coardei și unghiul sunt mai mari. Folosind Rs=0,2 în calcule, puteți descoperi că lărgimea coardei devine foarte mare la rădăcină și unghiul paletei exagerat de deschis. Este rațional să o subțiați în acest caz jos și să liniarizați paleta oarecum (pag. 41). Trebuie să urmați cât mai îndeaproape răspunsurile calculate, mai ales la partea din afară a paletei, unde au loc cele mai multe din acţiunile reale.

Plecând de la Beta şi Cw puteţi prelucra toate datele pentru a tăia paletele, ca în tabelul 4.1 la pag.51. „Scăderea" (tabelul 4.1, a treia coloană, de asemenea fig. 4.2 pag.53) poate fi calculată din datele anterioare. Simplu înmulţind lărgimea coardei cu sinBeta. Dacă folosiţi un computer care calculează în radiani, atunci împărţiţi Beta cu 57,3.

Scăderea=Cw*SIN(Beta/57,3)

Grosimea=0,15 *Cw (sau puteţi spune = 0,12 *Cw la extremitate).

In ecuatiile **Alternatoarelor** la pag. 128, frecvenţa (în herţi) este legată de numărul de poli magnetici şi de turaţia axului (în rpm).

De exemplu un alternator cu 10 poli, care lucrează la 570 rpm va produce o frecvenţă de 47,5 herţi:

f = Np*rpm/120 = 10*570/120 = 47.5

Invers puteţi folosi citirile frecvenţei pentru a calcula turaţia. Unele multimetre pot citi frecvenţa şi de aceea se pot folosi pentru a măsura turaţia axului, atunci când se conectează la ieşrea alternatorului. (rpm=f*120/Np).

Următoarea ecuaţie vă ajută să ghiciţi numărul de întoarceri cerute pe bobină în alternator (înainte de să fie construit şi testat). Se presupune că proiectaţi un alternator cu câmp radial (pag.87). Rotorul şi statorul au ambele lungimea de 0,1m. Diametrul este de 0,15m. Aria intervalului de aer este de:

Agap = Lgap*Pi*Dgap = 0,1 *3,14*0,15 = 0,047mp

(Dacă maşina are un câmp axial atunci puteţi calcula Agap adăugând ariile feţelor magneţilor la cea a rotorului).

Să presupunem că doriţi ca alternatorul să încarce o baterie de 12 volţi începând de la turaţia de 170 rpm. Să spunem că statorul are 10 bobine in serie:

Nturns= 1200/Agap/Crpm/Ncoils =1200/0,047/170/10=15 întoarceri.

Note:

1. Aceasta se aplică la bobina monofazată sau trifazată în conexiune delta. Pentru bobinele conectate în stea se împarte răspunsul de la Nturns cu 1,73.
2. Alternatoarele cu interval de aer mari au nevoie de mai multe întoarceri – poate cu 50% mai multe.

Pierderile în cablurile şi înfăşurările **de cupru** depind de lungimea sârmei, secţiunea ei şi de temperatură (care creşte direct proporţional cu creşterea intensităţii curentului). Aici puteţi presupune 50°C, la mijloc între un ambient normal şi unul fierbinte.

Sârmele înfăşurate sunt date de diametru, dar cablurile depend de aria secţiunii sârmei. Pentru a afla aria unei sârme de 0,5mm diametru:

Warea = Wdiam^2*0,785 = 0,25*0,785 = 0.2mmp

Acum presupuneţi că aveţI cablu cu aria secţiunii de 10mmp şi lungimea de 50 m.

Lungimea sârmei simple Swl=Tcl*2 = 50*2 = 100m

Rezistenţa Swr=Swl/Warea/50 = 100/10/50 = 0,2 ohmi

(La 10^{o}C putem împărţi cu 60 în loc să facem 100/10/60=0,17 ohmi, în timp ce la 100^{o}C putem împărţi cu 42 obţinând 0,23 ohmi).

Presupuneţi că folosiţi cablu pentru a furniza 280 watt la 12 volţi current continuu. Curentul în cablu va fi 280/12=23 Amperi.Puteţi atunci calcula căderea de tensiune şi pierderea de putere:

Vc = Swr*1 = 0,2*23 = 4,6 volţi

Ploss = Vc*1 = 4,6*23 = 106 watt

(Aceasta este mai curând o pierdere mare, aşa că va trebui să folosiţi un cablu mai scurt şi mai gros sau un sistem cu voltaj mai înalt).

Şi în final câteva reguli bune pentru proiectarea cozii paletelor. Diametrul rotorului este de 2 m, aşa că suprafaţa cozii ar trebui să fie mai mare decât:

Ac>D^2/40 = 4/40 = 0.1 mp minim.

Forţa laterală (la un vânt de 10m/s).

Fl = Ac*VA 2/16 = 0,1 * 100/16 = 0,6 kgf

Apăsarea pe rotor Fr=D^2*VA 2/24 = 4*100/24 = 17 kgf

Cartea lui Hugh Piggott despre
motoarele eoliene se încheie aici.
Ca și munca noastră, a celor din TEI.
Înainte de a încheia,
te rugăm să răspândești nu numai cartea,
ci și ideile și informațiile conținute de ea.
Credem că numai așa putem face țara și lumea puțin mai bune.
Dar din dar... Spor!

Membrii

Traduceri Ecologice Independente
TEI

care au contribuit la
această lucrare:
Emil Marian, Crina N., Flavia, Bogdana,
Adriana, Diana, Flavia Muntean.